

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA E DE COMPUTAÇÃO
DEPARTAMENTO DE SEMICONDUTORES, INSTRUMENTOS E FOTÔNICA

WTProcess

Uma ferramenta para ensino de microfabricação

Autor: Luiz Gustavo Turatti

Orientador: Jacobus Willibrordus Swart

Dissertação de Mestrado

Campinas – SP Brasil
2003

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA E DE COMPUTAÇÃO
DEPARTAMENTO DE SEMICONDUTORES, INSTRUMENTOS E FOTÔNICA

WTProcess

Uma ferramenta para ensino de microfabricação

Autor: Luiz Gustavo Turatti

Orientador: Jacobus Willibrordus Swart

Dissertação de Mestrado apresentada à
Faculdade de Engenharia Elétrica e de
Computação como parte dos requisitos
para a obtenção do título de Mestre em
Engenharia Elétrica.

Área de concentração: Eletrônica,
Optoeletrônica e Microeletrônica.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Antonio Carlos Seabra

Prof. Dr. José Alexandre Diniz

Prof. Dr. Renato Perez Ribas

Profa. Dra. Rosana Giaretta Sguerra Miskulin

Campinas – SP Brasil
2003

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

T84w	<p>Turatti, Luiz Gustavo</p> <p>WTPProcess - uma ferramenta para ensino de microfabricação / Luiz Gustavo Turatti.--Campinas, SP: [s.n.], 2003.</p> <p>Acompanha CD-ROM</p> <p>Orientador: Jacobus Willibrordus Swart</p> <p>Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação.</p> <p>1. Microeletrônica. 2. Ensino à distância. 3. Processos de fabricação. I. Swart, Jacobus Willibrordus. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação. III. Título.</p>
------	--

Resumo

No Brasil, a pequena quantidade de especialistas em microeletrônica dificulta a presença de grandes empresas do setor no país, bem como o empreendedorismo de novas empresas. Visando ampliar a estrutura de recursos humanos nesta área, propusemos um ambiente para educação à distância para microeletrônica composto por diversos módulos didáticos. O WTPProcess (*Web Terminal Process*) é um módulo para ensino sobre o processo de microfabricação de dispositivos, utilizando como modelo didático o trabalho desenvolvido no CCS/Unicamp. Os tutoriais elaborados ilustram os processos CMOS, nMOS e pMOS através de animações, fotos e explicações. Utiliza folhas de estilo (CSS), hipertexto e demais recursos disponíveis para elaboração de páginas HTML dinâmicas, além de um aplicativo que permite a simulação de processos de microfabricação ilustrando as etapas propostas. Assim, com a união dos módulos propostos na introdução é possível compor material didático suficiente para iniciar a oferta de cursos semi-presenciais, com EAD e exercícios através do ambiente de ensino e prática em laboratório. Todo o material disponível pode ser utilizado e distribuído livremente conforme a licença pública GNU/GPL (anexo A).

Abstract

In Brazil, one of the difficulties to attract companies and to create entrepreneurs in the field of microelectronics is the small number of educated people in the area of microfabrication processes. In order to contribute to solve this issue, we proposed a web based environment for microelectronics long distance education, composed by many didactic modules. WTPProcess (Web Terminal Process) is a module designed to teach the microfabrication processes like didactic models developed at CCS/Unicamp. The developed tutorials show CMOS, nMOS and pMOS processes with animated pictures, photos and explanations. This work uses CSS, hypertext, and other resources available to create dynamic HTML pages and offers a computer application to simulate the microelectronic process fabrication drawing each proposed step. With these modules we may offer half-presencial courses and exercises by long distance education and presencial practice at laboratories. The whole material available could be used and distributed according to GNU/GPL license.

Dedicatória

Dedico este trabalho aos meus pais Sandra e Wilson
e a minha irmã Ana Beatriz

Agradecimentos

Este trabalho não poderia ser concluído sem a contribuição de diversas pessoas as quais enumero abaixo e presto meus mais sinceros agradecimentos:

- A Deus pelo amparo emocional na execução deste;
- Ao professor Dr. Jacobus Willibrordus Swart, pela amizade, excelente orientação e total apoio na realização deste;
- Ao professor Dr. Augusto César Redolfi pela co-orientação, ensinamentos e idealização deste;
- Ao professor Dr. José Alexandre Diniz pelo auxílio no laboratório do CCS/Unicamp, ensinamentos e sugestões implementadas;
- Ao amigo Ricardo Cotrin Teixeira pelo auxílio, conselhos e paciência;
- A todos os funcionários, professores e técnicos do CCS/Unicamp;
- Aos meus amigos pelo apoio, companhia e ensinamentos;
- A CNPq e FAPESP pelo suporte financeiro;
- E a todos que direta ou indiretamente contribuíram com este trabalho.

SUMÁRIO

Lista de figuras	iii
Lista de tabelas	iv
Lista de abreviaturas	v
Lista de símbolos	ix
Introdução	1
Capítulo 1 – Da comunicação ao ensino à distância	4
1.1 – Introdução	4
1.2 – As origens do Sistema Operacional UNIX	5
1.2.1 – A revolução da linguagem C	7
1.2.2 – O UNIX e o BSD UNIX	8
1.2.3 – A comunidade descobre o UNIX	10
1.3 – As redes de computadores	12
1.3.1 – O que é Internet	13
1.3.2 – Qual é o futuro da Internet	14
1.4 – Os computadores pessoais	15
1.5 – Optando por <i>software</i> livre	16
1.6 – Educação à distância	18
1.6.1 – Abordagem sobre as WBEs disponíveis	21
Capítulo 2 – Fabricação de dispositivos semicondutores	24
2.1 – Introdução	24
2.2 – Etapas do processo de microfabricação	26
2.2.1 – Substrato de silício	26
2.2.2 – Limpeza do substrato	29
2.2.3 – Oxidação	30
2.2.4 – Fotolitografia	30
2.2.5 – Corrosão	31
2.2.6 – Dopagem	32
2.2.7 – Recozimento	32
2.2.8 – Deposição	33

Capítulo 3 – WTPProcess	34
3.1 – Introdução	34
3.2 – Desenvolvimento de tutoriais	35
3.2.1 – Otimização de recursos	36
3.2.2 – A criação das animações	40
3.3 – Desenvolvimento do aplicativo	42
3.3.1 – Exemplo de receita para microfabricação	44
3.3.2 – Exemplo de interpretação da receita para microfabricação	44
Capítulo 4 – Considerações finais	46
4.1 – Conclusões	46
4.2 – Trabalhos e perspectivas futuras	47
Referências	48
Outras Referências	54
Glossário	56
Apêndices	62
A – Internet	62
B – PCs e redes de computadores	75
C – GNU/Linux	79
Anexos	84
A – Licença Pública GNU / GPL	84

Lista de figuras

2.1 – Ilustração de mapas desenhados, contendo detalhes de todas as ruas, em áreas de chips nas diversas fases tecnológicas, em escala.	25
2.2 – Convenção de corte de chanfros para identificação da orientação e do tipo de condutividade	28
2.3 – Representação da lâmina de silício em corte lateral	31
2.4 – Representação das corrosões seca e úmida.	32
3.1 – Página inicial do Web Terminal Process	35
3.2 – Diagrama das regiões das páginas dos tutoriais	37
3.3 – Ilustração do processo CMOS	38
3.4 – Explicação do “Saber Mais” sobre limpeza padrão RCA modificada	39
3.5 – Criando uma animação com figuras estáticas	41
3.6 – Aplicativo para visualização de uma receita	43

Lista de tabelas

1.1 – Classificação das redes conforme área de abrangência	13
1.2 – Histórico da Educação à Distância no Brasil	20
1.3 – Características das WBEs mais utilizadas	22
2.1 – Dados da previsão da evolução na microeletrônica	25
2.2 – Soluções para limpeza das lâminas	29
2.3 – Opções para CVD e respectivas aplicações	33

Lista de abreviaturas

ANSI – American National Standards Institute

AOL – America OnLine

APCVD – Atmospheric Pressure Chemical Vapor Deposition

ARPA – Advanced Research Projects Agency

ARPANET – ARPA NETwork

ASCII - American Standart Code for Information Interchange

AT&T – American Telephone and Telegraph

BBS – Bulletin Board System

BCPL – Basic Combined Programming Language

BOL – Brasil OnLine

BSD – Berkeley Software Distribution

CAD – Computer Aided Design

CAN – Citywide Area Network

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CCS –Centro de Componentes Semicondutores

CD – Compact Disc

CERN – Conseil Europeen pour la Recherche Nucleaire (veja WWW)

CI – Circuito Integrado

CMOS – Complementary Metal-Oxide Semiconductor

CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

CP/M – Control Program for Microprocessors (primeiro sistema operacional para PCs)

CPU – Central Processing Unit (UCP – Unidade Central de Processamento)

CSS – Cascading Style Sheets

CVD – Chemical Vapor Deposition

DARPA – Defense Advanced Research Projects Agency

DDoS – Distributed Denial of Service

DEC – Digital Equipment Corporation

DeCSS – *Decoding Content Scrambling System*

DHTML – Dynamic HyperText Markup Language

DNS – Domain Name Service

DoS – Denial of Service
DOS – Disk Operating System
DVD – Digital Video Disc
EAD – Educação à Distância
ECR – Electron Cyclotron Ressonance
EUA – Estados Unidos da América
FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
FEEC – Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação
FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos do MCT
FTP – File Transfer Protocol
GB - Gigabyte
GE – General Electric
GIF – Graphics Interchange Format
GNU – Gnu is Not Unix
GPL – GNU Public License
GTRN – Global Terabit Research Network
HTML – HyperText Markup Language
IBM – International Business Machines
IMP – Interface Message Processor
IP – Internet Protocol
IRC – Internet Relay Chat
ISC – Internet Software Consortium
ITRS – International Technology Roadmap for Semiconductors
JSP – Java Server Pages
KB – Kilobyte
LAN – Local Area Network
LNCC – Laboratório Nacional de Computação Científica
LPCVD – Low Pressure Chemical Vapor Deposition
MAN – Metropolitan Area Network
Mbps – Megabits por segundo
MB – Megabyte

MCT – Ministério da Ciência e Tecnologia
MEMS – Micro Electro Mechanical System
MILNET – MILitary NETwork
MIT – Massachusetts Institute of Technology
MOS – Metal-Oxide Semiconductor
MULTICS – Multiplexed Information and Computing Service
NBC – National Broadcasting Company
NCP – Network Control Protocol
NMOS – MOS fabricado com canal tipo n
NSF – National Science Foundation
NSFNET – NSF NETwork
NT – New Technology
OS/2 – Operating System 2 da IBM
PC – Personal Computer
PDP – Programmed Data Processor
PECVD – Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition
PMOS – MOS fabricado com canal tipo p
POSIX - Portable Operating System Interface for uniX
PVD – Physical Vapor Deposition
RAM – Random Access Memory
RCA – Radio Company of America ®
RFC – Request For Comments (veja o glossário)
RGB – Red Green Blue
RISC – Reduced Instruction Set Computer
RNP – Rede Nacional de Pesquisa
ROM – Read Only Memory
RPECVD – Remote Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition
SATNET – SATelite NETwork
SENAC – Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial
SGML – Standard Generalized Markup Language
SMTP – Simple Mail Transfer Protocol

SO – Sistema Operacional (OS – Operating System)
SOG – Spin On Glass
SRI – Stanford Research Institute
SQL – Structured Query Language
TB – Terabyte
TCE – TriCloroEtileno
TCP/IP – Transfer Control Protocol / Internet Protocol suíte
TVE – Televisão Educativa
UCLA – Universidade da Califórnia em Los Angeles
UCSB – Universidade da Califórnia em Santa Bárbara
UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina
UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas
UNIX = UNICS – Uniplexed Information and Computing Service
UOL – Universo OnLine
USP – Universidade de São Paulo
URSS – União das Repúblicas Socialistas Soviéticas
UUCP – UNIX to UNIX CoPy
XHTML – eXtensible HyperText Markup Language
XML – eXtensible Markup Language
WAN – Wide Area Network
WBE – Web Based Environment
WIDEBAND – SATNET banda larga
WTPProcess – Web Terminal Process
WWW – World Wide Web

Lista de símbolos

R_s : Resistência de folha em ohm / \square

V : Tensão em Volts

I : Corrente em Amperes

ρ : Resistividade em ohm.cm

t : Espessura em cm

Introdução

Ao longo de toda a sua história, a sociedade evoluiu através do aperfeiçoamento no manuseio de materiais e aplicação dos recursos disponíveis. Compreende-se por material, a substância cujas propriedades a torna útil em estruturas, equipamentos ou qualquer outro produto consumível. Pode-se então chamar de era do silício o presente momento, devido ao fato deste material ser a base para fabricação de circuitos integrados (chips) presentes em diversos sistemas que incorporam esta tecnologia (1).

Nenhum material foi tão estudado nem é obtido em tal grau de pureza como ocorre com o silício e materiais correlatos até hoje. Isto somado à evolução da eletrônica tornou possível o desenvolvimento de dispositivos cada vez menores e mais eficazes. O estudo e a produção desses dispositivos miniaturizados é conhecido como microeletrônica, que é apenas uma das muitas partes da ciência conhecida como microfabricação.

Devido à importância adquirida pela microeletrônica no cotidiano da humanidade nas últimas décadas, foi necessário um estudo mais aprofundado das disciplinas relacionadas a esta área. Todavia a formação de recursos humanos encontra algumas dificuldades inerentes ao tema, dentre as quais podemos mencionar: interdisciplinaridade (conhecimento de: física do estado sólido, química fina, matemática, engenharia elétrica entre outras) e o alto custo de seu estudo prático (equipamentos e materiais utilizados em um laboratório de fabricação de chips). Estas dificuldades associadas ao longo prazo para formação de pessoal qualificado e a rapidez da evolução da microeletrônica exigem uma adaptação do ensino para garantir a aprendizagem.

Dessa forma a Internet pode ser uma poderosa ferramenta para alcançar os objetivos do ensino permitindo a troca de informações de forma mais rápida e eficaz. É possível encontrar diversos materiais utilizados em cursos sobre microeletrônica, durante a pesquisa neste meio de comunicação. Geralmente as informações

disponíveis são notas de aulas utilizadas no ensino tradicional. Um exemplo de tais informações pode ser observado na página do Centro de Componentes Semicondutores da Universidade Estadual de Campinas (CCS/Unicamp) (2) sobre os processos de microfabricação ali realizados, o que não constitui um material didático para educação à distância (EAD) por não ter suporte aos alunos à distância, área para apresentar dúvidas e soluções entre outras características presentes em ferramentas para EAD.

Este trabalho tem como objetivo iniciar a estruturação e elaboração de um ambiente para ensino direcionado à microeletrônica. Em uma primeira etapa foram preparados tutoriais sobre os processos CMOS, nMOS e pMOS estudados, com animações para ilustrar as etapas envolvidas nesta atividade. Como complemento deste estágio, um aplicativo foi desenvolvido para projetar blocos didáticos de novos processos que possam ser estudados (em terceira dimensão, através da projeção bidimensional das coordenadas).

Para oferecer recursos atualizados e dinamizar o ensino de microeletrônica foram estudadas as etapas dos processos de microfabricação mencionados e proposta a estrutura a seguir, dividida em módulos para elaboração de material didático para EAD:

- WTPProcess - Uma ferramenta para ensino de microfabricação;
- Física de dispositivos e semicondutores;
- Projeto de dispositivos e processos;
- Modelagem MOS (*Metal-Oxide Semiconductor*);
- MEMS (*Microelectromechanical System*);
- Circuitos CMOS (*Complementary Metal-Oxide Semiconductor*).

Este trabalho apresenta o WTPProcess (Web Terminal Process), uma ferramenta elaborada para ilustrar as etapas de um processo de microfabricação de dispositivos. O capítulo 1, introduz as necessidades de comunicação desde os primórdios até os dias atuais com o surgimento do EAD. No capítulo 2 são explicadas as etapas de processo de dispositivos semicondutores para microfabricação. O capítulo 3 apresenta o material desenvolvido e disponibilizado na Internet; seguido da conclusão do trabalho e

propostas para trabalhos futuros no capítulo 4. O CD anexo possui os tutoriais e demais informações utilizadas na elaboração deste trabalho.

Da Comunicação ao Ensino à Distância

1.1 - Introdução

Desde o início da humanidade, a transmissão do conhecimento é uma das maiores preocupações entre os povos. A necessidade de transmitir idéias, conhecimentos e se fazer entender entre as pessoas criou as linguagens primitivas. Dessa evolução, surgiram as primeiras representações gráficas através de pinturas em pedra que evoluíram em conjunto com a linguagem escrita e falada. Com a dispersão dos grupos sociais pelos continentes, a comunicação a longa distância tornava-se cada vez mais uma necessidade e um desafio. Diversas maneiras de comunicação foram desenvolvidas durante todo esse tempo até os dias atuais, passando de simples sinais de fumaça transmitidos em regiões elevadas, ao uso de mensageiros, utilização de animais como pombos-correio entre várias outras até o surgimento dos serviços de correio, telégrafos e o telefone como conhecemos hoje e sua constante evolução até a utilização de novas tecnologias como computadores e Internet.

A invenção do telégrafo em 1838, por Samuel F. B. Morse (3-4), inaugurou uma nova época para as comunicações, através da codificação de informações e sua transmissão (código Morse). Esta evolução não aconteceu somente na área de comunicação. Equipamentos para processamento e armazenamento de informações também foram alvo de grandes invenções ao longo do desenvolvimento da humanidade. A comunicação seguiu sua evolução permitindo o uso de meios físicos cada vez melhores como o uso de sistemas microondas, fibras ópticas e satélites. A introdução de computadores na década de 30 foi, provavelmente, o maior avanço do século neste sentido (5-7).

A união destas tecnologias - comunicação e processamento de informações - revolucionou o modo de viver, possibilitando novas formas de comunicação com maior

eficácia dos sistemas computacionais. Pode-se afirmar então, que as redes de computadores são hoje uma realidade neste contexto.

Para utilizar um computador é necessário um sistema operacional (SO), cujo funcionamento é semelhante a um intérprete. Os comandos fornecidos pelo usuário são processados e o SO informa ao hardware o que é preciso ser feito. Além do SO, diversos programas menores são utilizados para manipular os dados em um computador como leitura de informações pelos periféricos, gerenciamento de arquivos, impressão e demais recursos disponíveis.

O progresso na informática permitiu uma melhor interação computador-homem através de programas com maior simplicidade na utilização. Estes avanços, agregados à comunicação em rede e suas constantes melhorias, permitiram a dissipação do conhecimento pelo mundo não apenas através dos livros tradicionais, impressos, mas também na forma digital como arquivos eletrônicos (8). A Internet proporcionou significativo avanço à pesquisa e ao acesso ao conhecimento, tornando-os mais simples e permitindo o esforço em conjunto para novas descobertas.

As primeiras tentativas do uso do computador na educação ocorreram no início da década de 60. A instrução assistida por computador foi utilizada para fixação de conceitos e início da aprendizagem autônoma, que levou o aluno a aprender a programar o computador. Antes deste fato, o EAD era praticado através de cursos por rádio ou tutoriais impressos utilizando os correios, onde sua evolução permitiu o uso da forma eletrônica como se pode observar em cursos de idiomas ministrados atualmente (9-11).

1.2 – As origens do Sistema Operacional Unix

Nos primórdios da computação, haviam apenas SOs orientados por lotes de trabalho e nesse ambiente a manipulação de dados era feita de forma rudimentar. O processo para carregar um programa era feito continuamente com cartões perfurados, sendo lento e sujeito a gerar erros nos códigos. Esses códigos eram usados quando se precisava de informações, dados ou comandos. Um conjunto de cartões era lido e processado pelo computador em grandes lotes. Isto geralmente exigia desde vários

minutos a muitas horas para que os resultados impressos confirmassem ou atendessem uma solicitação, sendo um método muito vagaroso para os programadores que precisavam de uma resposta imediata do sistema.

Durante um breve período, entre 1965 e 1969, o departamento de pesquisas sobre ciência da computação dos Laboratórios Bell usou um computador de grande porte GE-635 (modelo 635) com um SO chamado MULTICS (12). O MULTICS era um SO interativo e foi o precursor dos SOs modernos. Como interativo entende-se a resposta quase imediata do computador a um comando digitado.

Embora interativo, o MULTICS ainda não tinha as propriedades essenciais aos programadores, como o manuseio eficiente de seqüência de caracteres (*strings*) e ponteiros, compilador estável, rapidez no trabalho, além de apresentar problemas nos modelos semânticos, entre outros (13-14). Retinha algumas características do trabalho em modo de lote que no começo era capaz de preservar a privacidade e a segurança dos dados do usuário, mas que agora só serviam para isolar o trabalho do programador e dos demais pesquisadores.

Ken Thompson, pesquisador nos laboratórios Bell, trabalhou no desenvolvimento do MULTICS e em 1969 criou o programa (jogo) chamado “Viagem Espacial” (*Space Travel*), que simulava o movimento dos maiores corpos celestes no sistema solar. Depois de verificar o alto custo da interação de um único usuário com o computador de grande porte (US\$ 75 por hora em um computador GE 635), Thompson reescreveu seu programa para um minicomputador menos poderoso, presente nas universidades, um DEC PDP-7 (modelo 7) (15-17).

Os minicomputadores foram os primeiros equipamentos de custo razoável para um único departamento de uma universidade ou para uma pequena empresa e pequeno o suficiente para interações de um único usuário. Os programas disponíveis para o PDP-7 eram limitados e não havia memória suficiente para controlar o desenvolvimento contínuo dos programas. Qualquer modificação necessária tinha de ser feita no computador GE de grande porte antes de ser executada pelo PDP-7. Para superar estas dificuldades, Thompson escreveu uma linguagem simbólica (*assembly*) para o PDP-7 e vários programas utilitários para executar tarefas comuns.

Ainda em 1969, Ken Thompson iniciou o desenvolvimento do SO UNIX nos laboratórios Bell, o que permitiu o trabalho de equipes coordenadas de programadores e simplificou o diálogo entre homem e máquina, tornando os computadores mais acessíveis a todos os usuários (18-20).

O UNIX foi batizado com este nome para fazer alusão ao antigo sistema MULTICS devido às facilidades trazidas em sua implementação e de onde alguns de seus conceitos são baseados. Inicialmente o UNIX podia operar somente em computadores da DEC, plataforma esta utilizada em 75% dos departamentos de informática das universidades norte americanas naquela década, o que possibilitou uma quantidade enorme de graduandos com alguma experiência neste SO. Com isto, a sua difusão estava garantida.

A diferença entre o UNIX e os demais SOs consiste em seu desenho modular onde é possível acrescentar ou remover partes do sistema para adaptá-lo às necessidades de cada indivíduo ou empresa, funcionando como um quebra cabeça, onde os módulos se encaixam com conexões padrão (21).

O UNIX possui também características importantes como um SO multiusuário. Isso significa que vários usuários podem usar um computador simultaneamente, sendo cada um capaz de acessar todo o poder e recursos do computador. Além disso é multitarefa, ou seja, é capaz de executar mais de um programa ao mesmo tempo como: acessar arquivos, editar textos, imprimir relatórios, receber mensagens eletrônicas e muito mais. O UNIX gerencia os pedidos feitos ao computador, evitando que um interfira no outro e atribui prioridades, quando duas ou mais pessoas querem usar o mesmo recurso simultaneamente. O resultado, que é o sistema UNIX conhecido hoje, não foi escrito todo de uma só vez. Ele evoluiu em resposta às exigências dos programadores a projetos específicos e continua evoluindo até hoje.

1.2.1 - A revolução da linguagem C

Antes do surgimento da linguagem C, os SOs eram baseados em uma linguagem simbólica (*assembly*) que era própria para cada máquina. Por este motivo, o programa que era executado em um determinado modelo ou marca de computador não podia ser

transportado facilmente para outro computador diferente pois a linguagem simbólica não coincidia. Devido aos problemas causados pela não transportabilidade dos programas, Ken Thompson desenvolveu uma linguagem transportável chamada B.

A linguagem B proveio do BCPL (*Basic Combined Programming Language*), sendo criada em 1970 para solucionar as incompatibilidades no transporte de programas entre computadores diferentes. A linguagem B foi depois modificada por Dennis Ritchie e teve seu nome alterado para linguagem C porque possuía muitas limitações e era considerada lenta (13-14).

Dennis Ritchie, Ken Thompson e outros pesquisadores então reescreveram o UNIX utilizando a linguagem C para o computador PDP-11 em 1973. Quando o UNIX foi completamente reescrito em C, podia então ser adaptado para qualquer computador.

A linguagem C foi adotada para permitir a portabilidade de software entre computadores e sistemas operacionais diferentes, sendo necessária apenas nova compilação realizada na plataforma destino. Em 1985 a linguagem C foi padronizada como “C ANSI” para funcionar igualmente e sem erros em qualquer plataforma computacional (servidores de grande porte; microcomputadores PC; Macintosh; entre outros) (13-14).

Não é apenas o SO UNIX que foi escrito em linguagem C, assim como vários dos programas que são fornecidos com ele. Muitos programas aplicativos para o UNIX e outros SOs são também baseados em C. Programas populares em 1989 como VisiCalc e Wordstar foram reescritos em C, ao invés da linguagem simbólica, na qual eram originalmente escritos, assim como os sistemas operacionais IBM OS/2 e Microsoft Windows (22).

1.2.2 - O UNIX e o BSD UNIX

Não muito tempo depois do UNIX ter sido reescrito em linguagem C, Ken Thompson passou um ano (1976-77) como professor visitante na Universidade da Califórnia, em Berkeley onde apresentou o UNIX ao departamento de ciência da computação.

Depois que Thompson foi embora, os professores e alunos de Berkeley continuaram a desenvolver melhorias para o UNIX, e várias delas foram incorporadas a versão 5 (*System V*). Como uma variação do SO padrão, muitos computadores executam a versão 4.2 do BSD/UNIX, disponível na universidade. As universidades geralmente compravam computadores e sistemas operacionais baseados no UNIX de Berkeley.

Ken Thompson retornou para os Laboratórios Bell em 1977, e o desenvolvimento do UNIX continuou. A partir daí, BSD/UNIX cresceu rapidamente porque muitos graduados das universidades, membros das organizações dos Laboratórios Bell e empregados do governo usavam este sistema e ao trabalhar na área comercial e industrial, aumentaram a demanda por programas. Atualmente, existem os seguintes UNIX distribuídos por Berkeley:

- BSD/OS - é o sistema operacional vendido pela Universidade da Califórnia para plataforma Intel, sendo indicado como servidor Internet e uso corporativo (<http://www.bsdi.com>).
- FreeBSD - é uma distribuição gratuita para PCs e compatíveis (<http://www.freebsd.org>).
- NetBSD - é uma variação do UNIX derivado do 4.3BSD e 386BSD afim de ser suportado por qualquer plataforma (<http://www.netbsd.org>).
- OpenBSD - é uma variação do UNIX de livre distribuição suportado por diversas plataformas. Baseado no 4.4BSD, sua ênfase é na portabilidade, padronização e conexões relativas a segurança e criptografia, integrados. É capaz de suportar a emulação de arquivos executáveis oriundos do Sun Solaris, FreeBSD, Linux, BSD/OS e HP-UX. A versão mais atual e estável que está sendo distribuída no momento é a 3.2, conforme lançamento em 1 de novembro de 2002 (<http://www.openbsd.org>).

A cada nova versão das distribuições, novas características são incluídas tanto para uso dos programadores como também para usuários da área comercial. Variações do SO UNIX apareceram (UNIX *likes*), cada um voltado para uma plataforma ou

fabricante específico antes do surgimento da linguagem C. Atualmente as novas versões são disponibilizadas periodicamente conforme a equipe de desenvolvimento realiza melhorias no sistema. Já no GNU/Linux, as atualizações são disponibilizadas algumas horas ou alguns dias após o relato de um problema, conforme a complexidade do ajuste a ser feito. Além das manutenções feitas nos programas desenvolvidos, novas idéias e programas podem ser encontrados facilmente na Internet.

1.2.3 - A comunidade descobre o UNIX

Os minicomputadores baseados em UNIX foram inicialmente empregados no grupo Bell e pelas organizações de pesquisa do governo norte americano para controlar experiências de laboratório, apoiar projetos automáticos, supervisionar as redes de telecomunicações e realizar funções comerciais. O desenvolvimento de programas para atender essas aplicações específicas se transformou em um novo desafio para os programadores e o UNIX ofereceu ferramentas eficazes para que esse desafio fosse vencido (23).

Em meados da década de 70, as companhias que trabalhavam com a AT&T ou que empregavam pessoas que haviam usado computadores para programação em equipe começaram a ouvir falar do novo SO, o UNIX. Por volta de 1979, havia mais de três mil usuários do sistema UNIX, quase que totalmente dentro do grupo Bell, das universidades e de algumas agências governamentais, que negociaram com a AT&T para que pudessem ter acesso ao sistema operacional UNIX e, desta forma, o mundo comercial levou a AT&T a publicar a versão 7 (24) deste SO e a baixar seu preço drasticamente. Os fabricantes de computadores responderam desenvolvendo software UNIX para sistemas de computadores comerciais. Pela primeira vez, pequenas empresas puderam se dar ao luxo de usar o sistema UNIX em seus computadores. A *Interactive Systems*, uma empresa de software em Los Angeles, foi pioneira em incorporar melhorias que tornaram o UNIX mais fácil de ser usado e começou a vendê-lo para empresas privadas em 1979, mas apenas para uso nos minicomputadores maiores. Ao mesmo tempo, a Microsoft começou a desenvolver o Xenix, sua versão de UNIX para microcomputadores (25-29).

Para tornar o UNIX um produto comercial seria necessário ainda implementar características para a proteção de dados confidenciais e programas de uso mais simples. Em novembro de 1981 esta meta foi alcançada através do lançamento do sistema 3 (UNIX *System III*), com menor custo, como o primeiro sistema UNIX “comercial”. Fabricantes de minicomputadores, microcomputadores e computadores de grande porte baseados em UNIX, já possuíam mais de cem mil usuários neste período (30-32).

O ano de 1983 marcou uma alteração importante no uso do sistema UNIX. O tipo dominante do usuário UNIX mudou do tradicional programador/usuário de minicomputadores para o usuário de microcomputadores na área comercial. Isto foi possível por causa do advento de uma nova geração mais poderosa de microcomputadores contendo uma potente unidade central de processamento (CPU).

As CPUs dos microcomputadores são também chamadas de microprocessadores ou simplesmente processadores. Os primeiros processadores eram de 8 bits e executavam CP/M, Apple DOS ou outros sistemas operacionais monousuários. Um bit é a menor unidade de informação que um computador pode manipular (zero ou um); sendo que quando mencionamos 8 bits significa a quantidade de bits manipulados a cada vez por um processador. Em sua evolução os microprocessadores são classificados como 8, 16, 32 e 64 bits conforme a capacidade de processamento disponível.

O UNIX pode ser utilizado em microprocessadores a partir de 16 bits apresentando desempenho similar ou superior aos minicomputadores onde foi originalmente desenvolvido.

A AT&T reagiu ao interesse no UNIX para microcomputadores apresentando o sistema 5 (UNIX *System V*) em 1983 (33-35). Ele foi criado em resposta ao desejo da comunidade comercial por um sistema mais fácil para não-programadores. Como ainda há um certo conjunto de conceitos que precisam ser aprendidos, as interfaces dedicadas (interfaces gráficas) podem ser empregadas para facilitar o uso dos computadores com UNIX. Ao mesmo tempo, a AT&T autorizou a Intel, a Motorola, a Zilog e a National Semiconductors a usar o SO em seus microprocessadores e a vendê-lo para os integradores de seus produtos. Devemos salientar que as diferentes

implementações do UNIX (variações) não devem ser confundidas com as versões de UNIX lançadas pela AT&T.

A popularidade deste SO é consequência do alcance da Internet no mundo, pois a maioria de seus servidores utiliza esta plataforma para prover informações e serviços.

1.3 – As redes de computadores

Desde os primórdios da utilização de redes de computadores, o objetivo principal foi o compartilhamento de recursos com confiabilidade e modularidade nos mais diversos ambientes (36). Com estas premissas, a estrutura física e lógica evoluiu para aquilo que conhecemos hoje, onde as redes são definidas conforme a área de atuação.

Conforme citado na tabela 1.1, as redes locais (LANs) são compostas por um grupo de computadores que são conectados entre si dentro de uma certa área, não ultrapassando um quilômetro. As redes locais geralmente são redes privadas e possuem taxa de transmissão de dados entre 10 e 100 Mbps, podem possuir algumas centenas de máquinas interconectadas. Estas redes podem ser interconectadas aumentando a região de atuação por uma grande área, como uma cidade (CAN) ou metrópole (MAN), por exemplo, e até mesmo uma rede de longa distância (WAN), podendo esta última interconectar alguns milhões de estações com taxa de transferência entre 64 kbps até alguns gigabits por segundo. Pode-se afirmar que a Internet é composta por diversas WANs, que são conhecidas também como nós de comutação de pacotes, justificando assim a atribuição do termo “rede das redes”. Comparando com a topologia árvore, a Internet seria a raiz onde convergem as demais redes.

A arquitetura mais empregada em redes de computadores é a cliente/servidor, similar à estrutura das antigas redes compostas por computadores de grande porte e terminais. Em ambas existe um computador central que é responsável pela rede e que cuida de todas as solicitações. Atualmente a principal diferença em uma rede composta por PCs é a capacidade de processamento, memória e disco individuais a cada estação, em contrapartida aos terminais antigos que compartilhavam os recursos dos computadores de grande porte. Uma rede cliente/servidor é quase infinitamente

expansível, ultrapassando centenas de máquinas, mesmo dezenas de milhares em uma rede de longa distância.

Tabela 1.1 – Classificação das redes conforme área de abrangência

Distância entre computadores	Localização	Exemplo	Tipo de rede
Entre 1 m a 1 km	Sala / Prédio / Campus	Rede local	LAN
Entre 1 e 100 km	Cidade / Estado	Rede de longa distância (RLD)	CAN / MAN
Entre 100 e 1000 km	País / Continente	Interconexão de RLD	WAN
Maior que 1000 km	Continente / Planeta	Interconexão de RLD	WAN / Internet

1.3.1 - O que é a Internet ?

Resumidamente podemos dizer que a Internet é uma rede mundial que interliga redes de menor porte em praticamente todos os continentes. Surgiu da evolução da rede utilizada pelo exército norte americano (ARPANET) em 1969 (APÊNDICE A). Atualmente esta rede alcança mais de 170 países (37) possibilitando o compartilhamento de informações. Os computadores destas redes contém dados governamentais, universitários e comerciais; recursos de computação da comunidade local, catálogos de bibliotecas, enfim, informações sobre diversos assuntos contendo fotografias, documentos em formato textual, áudio, vídeo entre outras informações armazenadas no formato digital.

A Internet é a comunidade que mais cresce no planeta. Conforme dados do ISC em janeiro de 2003 haviam 171.638.297 estações contabilizadas em seu cadastro (38). Referências nacionais publicadas na Internet indicam cerca de 14,3 milhões de internautas no Brasil (39), totalizando 580 milhões de usuários no mundo (40).

No início, a Internet era um local inóspito onde somente os conhecedores do UNIX freqüentavam, pois a navegação era feita em modo texto, exigindo maior

conhecimento sobre o sistema operacional e os demais programas utilizados para acesso. Com o surgimento da *World Wide Web* (WWW) a navegação passou a ser feita através de um ambiente gráfico com auxílio de um apontador (*mouse*) ganhando popularidade e milhares de adeptos.

Uma comparação que pode ser feita entre a Internet e a Televisão como meios de comunicação é o fato de que a televisão demorou cerca de 20 anos para atingir 150 milhões de usuários, público conquistado na metade do tempo pela Internet (41). O passo seguinte será a integração do computador com a televisão (TV) através da disponibilidade da TV interativa, que ainda está longe de alcançar grandes massas.

No Brasil, o uso de redes de computadores para troca de informações iniciou em 1987 com os primeiros provedores de informação (BBS). Posteriormente em 1991, a FAPESP conseguiu estabelecer sua primeira conexão com a rede mundial e passou a regulamentar a Internet no país. Em 1995, dividiu esta tarefa com o Comitê Gestor da Internet no Brasil.

1.3.2 – Qual é o futuro da Internet?

A utilização da Internet promete consolidar uma comunidade global que será capaz de realizar troca de mensagens; pesquisar, comprar e freqüentar ambientes virtuais entre outras atividades. Com o aumento da largura de banda da Internet aos usuários domésticos será possível fazer videoconferências com vários usuários simultaneamente e estar presente em vários lugares virtualmente.

A Internet é mais do que tecnologia de transmissão de dados e acesso a computadores, caracterizando um novo estilo de vida que está se incorporando às novas gerações. Para atender a esse novo desafio cultural é necessário que a tecnologia avance da mesma forma. Novas tecnologias de transmissão e de programação de computadores deverão estar disponíveis para atender as necessidades dessa nova comunidade.

Quatro áreas deverão ser o foco da Internet nos próximos anos: entretenimento, comércio eletrônico, informação e educação à distância. Os portais nacionais e

internacionais de informação, assim como diversos sites dedicados à educação à distância oferecerão acesso à instrução a milhões de pessoas.

Para atender às novas aplicações da Internet, a capacidade de transmissão da rede deve atingir taxas espantosas. A capacidade de roteamento de informações deve seguir o mesmo ritmo, com o desenvolvimento de novos algoritmos para aumentar o desempenho do sistema. A tecnologia de compressão de dados é um fator crítico para o aumento da capacidade de tráfego da rede, uma vez que pode-se aumentar o volume de informações sem a necessidade de aumento das taxas de transmissão dos canais de comunicação (42-43).

1.4 – Os computadores pessoais

Desde o início da década de 1980 os usuários domésticos tiveram acesso aos primeiros computadores pessoais com SO monousuário (DOS). Durante a evolução dos PCs houveram melhorias nos SOs disponíveis, assim como a adição de recursos de acesso a rede de computadores (APÊNDICE B).

Antes da Internet, existia um espírito desbravador e altruísta que se manifestava em cada usuário de computador. Pessoas que estudavam e otimizavam programas, geralmente em busca de uma conquista intelectual inédita tinham como motivação ostentar seus nomes nos comentários ou na janela de créditos de algum programa. Havia ainda o orgulho de ser reconhecido por parte dos outros pesquisadores da área, que por fim, seriam as únicas outras pessoas capazes de compreender integralmente a extensão e a importância dos feitos conquistados. A partir do momento em que foi possível a interligação das mentes por meio da Internet, a motivação tornou-se quase universal.

Exemplo flagrante dessa abordagem é o SO GNU/Linux (APÊNDICE C) e toda linhagem de softwares provenientes do projeto GNU e da filosofia do *software* livre (43-44). O GNU/Linux surgiu como uma variação do UNIX, desenvolvido por milhares de programadores conectados à rede mundial.

O GNU/Linux é um sistema operacional livre, gratuito e compatível com o UNIX, mantido com a ajuda de programadores do mundo inteiro reunidos pela Internet. Suas

características básicas são a compatibilidade com o padrão POSIX, multitarefa real e preemptiva, memória virtual, bibliotecas compartilhadas, gerenciamento de memória eficiente, rede TCP/IP nativa e outras características genéricas dos sistemas UNIX.

Devido a estabilidade no funcionamento do computador equipado com o SO GNU/Linux, diversas estações de trabalho e servidores utilizam este SO como alternativa de baixo custo e alto desempenho em suas redes. É liberado através da licença GPL (ANEXO A) para uso, assim como seu código-fonte. A menção como alternativa de baixo custo se refere às custas da mídia utilizada e aquisição de manuais impressos caso seja necessário, uma vez que toda a documentação do sistema está disponível para consulta no próprio sistema através de manuais eletrônicos e tutoriais.

1.5 – Optando por *software* livre

A Aliança de Usuários de Sistemas Abertos define sistemas abertos como “aqueles que permitem acesso livre e desimpedido à informação necessária para realizar o trabalho”. Um padrão aberto garante a disponibilidade de informações no mercado sem qualquer controle realizado por uma ou mais empresas.

Esta filosofia permite maior cooperação no desenvolvimento de componentes, constituindo o movimento dos sistemas abertos como o POSIX - X/Open para sistemas operacionais; liberdade sobre os atuais sistemas de informação computadorizados e o progresso do gerenciamento de informações.

A existência de padrões abertos também reduz custos de manutenção permitindo ajustes em programas sem a necessidade de refazer um sistema completamente.

O sistema do futuro é a rede “heterogênea”, constituída por computadores de tipos, tamanhos e estilos diferentes, que atuam como iguais. Vários tipos diferentes de padrões são necessários para colocar tal sistema em funcionamento.

Padrões de rede devem incluir métodos para conectar tanto os usuários que estão no mesmo escritório (LANs) quanto aqueles que estão em escritórios diferentes (WANs). O ideal é que os computadores sejam conectados formando um sistema integrado. Os usuários, em qualquer lugar da rede, devem ter condições de acessar a informação que precisam para fazer o seu trabalho.

Por conseguinte, um dos componentes mais bem desenvolvidos dos sistemas abertos é o seu componente de rede. Dissolver as fronteiras entre as máquinas é o ideal que conduz os avanços nas redes, de forma que o local onde a informação esteja armazenada, ou em que um programa rode, torne-se imaterial. Essas funções são efetuadas onde for melhor ou mais conveniente. Assim, todos na rede possuem acesso em tempo real à informação ou processo, de qualquer lugar da rede.

Devido à rápida mudança e evolução das tecnologias presente nos programas e equipamentos disponíveis, cada mudança pode vir a se tornar uma fonte potencial de custos de manutenção numa empresa de qualquer porte se não estiver protegida pela estabilidade do sistema operacional.

Graças ao padrão interno respeitado em sistemas abertos, os avanços da indústria não tornam obsoleto o parque computacional onde haja o SO UNIX instalado, simplesmente por ser independente de dispositivo e poder rodar em qualquer tipo de hardware. Além do custo reduzido e desempenho superior, torna fácil a transição das informações para uma máquina melhor.

Em termos técnicos, o UNIX já se tornou o sistema dominante no mercado de estações de trabalho avançadas. Na área científica e de engenharia, este SO contabiliza 90% dos sistemas vendidos. Historicamente, os avanços nessa área requerem cerca de dois a cinco anos para se reproduzirem no segmento principal do mercado comercial.

Em termos de custo/desempenho, é comprovado que se pode obter dez vezes mais do dinheiro investido em hardware e das tecnologias de informação de “sistemas abertos”, ao invés do lucro obtido com o investimento em computadores de grande porte (*mainframes*) proprietários, e cerca de quatro vezes mais em relação ao que se poderia obter num investimento em minicomputadores proprietários, e muito mais poder e funcionalidade comparando-se com a próxima geração de microcomputadores. Essa é uma das razões primárias das vendas de máquinas baseadas em sistemas proprietários terem caído a uma taxa de 6% ao ano. Até mesmo o mercado de microcomputadores parou de apresentar crescimento e está agora diminuindo em termos de vendas, ano a ano. A única parte do mercado em crescimento é a de

sistemas abertos, que já contabiliza 15% de todas as vendas de computadores e está crescendo em cerca de 20% anualmente.

Uma vantagem fundamental dos padrões de sistemas abertos é que eles permitem que as grandes organizações escolham qualquer tipo de sistema de qualquer fabricante, sabendo que todos esses computadores vão rodar o mesmo software e comunicar-se facilmente uns com os outros. Teoricamente, pelo menos, os padrões são tanto amplos quanto específicos o suficiente para incluir qualquer arquitetura de computador presente e futura, possibilitando-lhe assim rodar o mesmo software. Atualmente o sistema operacional e o software de aplicação UNIX rodam em qualquer tipo de computador: PCs, Apples, minicomputadores, *mainframes* e até mesmo supercomputadores. Essa habilidade de homogeneizar ambientes diversos permite que grandes organizações comecem a integrar suas várias partes.

Por seguir o padrão POSIX a exemplo do UNIX, o GNU/Linux se torna uma solução viável pois pode ser copiado na Internet sem qualquer custo ou pode-se ainda adquirir uma cópia de uma distribuição comercial, cujo valor será referente ao manual impresso e cópia em CD-ROM do SO, suas fontes e aplicativos, todos elementos livres conforme a licença GNU ou demonstrações.

Devido às vantagens advindas da filosofia do software livre, a elaboração desta ferramenta para ensino segue estes princípios com a finalidade de permitir ampliações na ferramenta desenvolvida, ajustes e manutenções pelo desenvolvedor deste projeto ou qualquer outro pesquisador e voluntários interessados no programa.

1.6 – Educação à Distância

Entende-se por EAD o processo de aprendizagem onde alunos e instrutor estão separados no tempo e espaço, tornando-se possível a partir do momento em que o homem utilizou a linguagem escrita (45). Podemos mencionar a bíblia como exemplo de material didático presente até hoje como doutrina (46).

A partir da segunda metade do século XIX, a EAD começou a existir institucionalmente com a primeira escola de línguas em Berlim; seguido do curso sobre segurança no trabalho de mineração na Pennsylvania, entre outros cursos por

correspondência (47-48). Com o avanço dos meios de comunicação, posteriormente empregou-se as transmissões radiofônicas e a partir de 1960 incorporou-se os meios televisivos, amplamente utilizados até a presente data. Seguindo essa tendência as novas tecnologias aplicadas aos meios de comunicação (49) propiciaram o acesso à multimídia e Internet como coadjuvantes ao ensino tradicional (tabela 1.2).

A EAD pode ser definida como “um sistema baseado no uso de meios de ensino, tanto tradicionais quanto inovadores, que promovem o processo de auto-aprendizagem, para obter objetivos educacionais específicos, com um potencial de maior cobertura geográfica que a dos sistemas educativos tradicionais – presenciais” (50), ou seja, a redefinição das estratégias para novas definições de atitudes e enfoques metodológicos. Em suma, é a forma de educação na qual alunos e professores trabalham em conjunto utilizando o computador como ferramenta para aproximação das partes que estão distantes fisicamente.

Para viabilizar esta proposta é preciso de infra-estrutura de suporte com o empenho de uma equipe para preparar o novo material didático (51) e reduzir os custos para algo próximo daquele investido com o ensino tradicional. É necessário também democratizar o acesso à informação e estimular a aprendizagem autônoma. Com isto o aluno será um elemento ativo à sua formação com aprendizado flexível e adaptado ao seu ritmo, tendo o professor como orientador para os recursos didáticos, de forma dinâmica e inovadora, permitindo construir seu conhecimento de maneira melhor. Essa estrutura não deve ser empregada apenas para o ensino pós-secundário ou universitário pois certamente, pode ajudar a todos aqueles que se encontram em regiões afastadas e necessitam de estudo como material complementar aos tele cursos.

O estudante deve estar preparado para utilizar o computador e ser capaz de se comunicar de forma clara através da escrita. É importante lembrar que a escrita é a maneira mais simples, rápida e prática de comunicação. Dessa forma o aluno poderá interagir de forma eficiente com os demais participantes do grupo de estudos assim como com seu orientador onde é possível compartilhar o conhecimento, refletir, repensar um problema estudado e superar desafios expondo suas experiências. O professor deve motivar a utilização de livros texto como fontes de consulta além do conteúdo pesquisado na Internet pois é fundamental verificar a veracidade das

informações consultadas, assim como as notícias atualizadas em páginas Web. O acesso aos computadores pode ser feito através de núcleos culturais com acesso à Internet ou na própria residência do estudante.

Tabela 1.2 – Histórico Educação à Distância no Brasil

Ano	Evento
1941	É criado o Instituto Universal Brasileiro, oferecendo cursos por correspondência.
1947	Primeira experiência de curso radiofônico da Universidade do Ar, promovido pelo SENAC. Funcionou até 1962.
1967	A Editora Abril lança a enciclopédia Conhecer, composta por 12 volumes; O Ministério da Educação cria a Funtevê, atual TVE, e o governo de São Paulo cria a Fundação Padre Anchieta (Rede Cultura) voltada para atividades culturais e educativas.
1975	A região sul do Brasil é pioneira na utilização de computadores para fins educativos; com o curso de operador de computador na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, por exemplo.
1987	O CNPq lança a Universidade Vídeo, para estimular a produção e o uso do recurso. O projeto incluía um catálogo de filmes e vídeos de ciência e tecnologia.
1995	A sociedade tem acesso à Internet e os educadores começam a utilizar a Internet como ferramenta didática, marcando o início da EAD no Brasil.
1996	Primeira experiência de videoconferência conjugada com internet, voltada para educação, na UFSC.
1997	O Ministério da Educação lança o Pró-Info, para equipar escolas com microcomputadores, o que gera uma demanda por novos softwares educativos.
2001	O governo brasileiro iniciou licitação e investimentos em informática para escolas públicas de ensino fundamental e médio.

Como a Internet demonstrou grande capacidade de comunicação entre as pessoas, a educação baseada na *web* veio ser utilizada para prover os recursos didáticos na Internet, oferecendo cursos previamente organizados, meios de fixação do conteúdo e avaliações. Para isto existem diversas ferramentas para criação de cursos interativos. Nesse sentido encontramos a Internet como meio de comunicação eficiente, capaz de modificar as relações sociais, recriar a realidade, criar novos modos de conhecimento entre outros benefícios (52).

Este trabalho não desenvolveu um novo ambiente de ensino (WBE) e sim uma ferramenta para ensino de microfabricação que pode ser utilizada em conjunto com estas plataformas para suplementar o ensino tradicional através da interação do aluno com uma simulação que apresenta aspectos similares ao processo real, feito em laboratório, de forma didática e simplificada.

1.6.1 – Abordagem sobre as WBEs disponíveis

Durante a consulta sobre quais materiais estariam disponíveis na Internet, notou-se a carência de uma WBE específica para microeletrônica. No lugar de ambientes próprios para o ensino foram encontrados vários cursos e materiais com o intuito de auxiliar nos cursos de microfabricação, assim como ferramentas para projetos.

Esse fato mostra a importância metodológica da elaboração de uma WBE para microeletrônica como está sendo desenvolvida na presente pesquisa pois o WTPProcess pode potencializar o ensino mais significativamente para os alunos da engenharia elétrica, aprimorando a visualização dos componentes inerentes ao processo de microfabricação.

No que tange a WBEs, encontra-se disponível uma grande variedade de aplicativos para auxiliar o preparo de conteúdo para EAD. As WBEs mais populares atualmente são AulaNET, TelEduc e WebCT, que serão apresentadas na tabela comparativa (tabela 1.3) a seguir.

Os ambientes de educação à distância baseados na *web* dispõem de recursos para criação, administração, assistência e manutenção de cursos virtuais. Através da ampla variedade de tecnologias disponíveis na Internet, os cursos criados enfatizam a

colaboração entre alunos e professores, oferecendo como critério opcional o sistema operacional onde a WBE funcionará. É possível ainda escolher as características do programa, forma de aquisição e idioma.

Tabela 1.3: Características das WBEs mais utilizadas

Aplicativo	AulaNet	TelEduc	WebCT
Fabricante	PUC-Rio	NIED / Unicamp	WebCT Inc.
Localização	http://guiaaulanet.eduweb.com.br	http://teleduc.nied.unicamp.br	http://www.webct.com
Preço sugerido	Gratuito	Gratuito	Entre US\$ 100.00 e 3,000.00 por servidor
Versão atual	2.0	3.1.8	Enterprise 2.0 / Campus 4.0
Suporte a bate-papo	Sim	Sim	Sim
Listas de discussão	Sim	Sim	Sim
Troca de mensagens	Sim	Sim	Sim
Suporte a áudio	Não	Não	Não
Suporte a vídeo	Não	Não	Não
Vídeo conferência	Sim, através do cu-seeme	Não	Não
Ferramenta para geração de aulas	Sim	Sim	Sim
Autenticação de usuários	Sim	Sim	Sim
Avaliação de alunos	Sim	Sim	Sim
Requer servidor Web	Sim	Sim	Sim
Configuração mínima do computador	Pentium II 300MHz, 132 MB RAM e 50 MB disco rígido	Pentium II 333MHz, 64 MB de RAM	Pentium II com: 64 MB RAM para Unix ou 128 MB RAM para Windows NT
Sistema Operacional	Windows	GNU/Linux	UNIX ou Windows NT
Idioma	Português	Português	Português / Outros
Download para avaliação	Sim	Sim	Sim

A criação de um ambiente específico para microeletrônica visa centralizar o material disponível assim como sua manutenção e permitir que as pesquisas desenvolvidas sejam conhecidas e utilizadas pelos estudantes. Com este ambiente será possível oferecer não apenas uma disciplina, mas todo um curso teórico sobre

microeletrônica à distância. A realização de aulas práticas presenciais no laboratório do CCS/Unicamp é o complemento necessário para o estudante compreender as variáveis presentes no processo de microfabricação e servem como parâmetro para comparação com as simulações realizadas.

Dentre as possibilidades apresentadas acima, o melhor ambiente a ser utilizado é o TelEduc pois seu desenvolvimento é feito nesta universidade e o projeto acompanha a filosofia de código-fonte aberto (GNU/GPL). Todo o material criado e disponibilizado está instalado em um servidor com SO Linux e o acoplamento da ferramenta ao ambiente de ensino torna-se mais simples e estável. A estabilidade do SO aqui considerada visa garantir o acesso ao material didático disponibilizado durante o prazo necessário e com número reduzido ou nulo de manutenções realizadas no servidor.

Fabricação de dispositivos semicondutores

2.1 – Introdução

A microeletrônica apresenta sua história com grandes feitos em um curto espaço de tempo. Iniciada a partir do desenvolvimento da mecânica quântica no início do século XX, entre os principais fatos desse período até a presente data, podemos mencionar o descobrimento do efeito transistor em 1947 (53-56) e o desenvolvimento do processo planar para fabricação de circuitos integrados (CIs) em 1958 na Fairchild (53,57), onde os primeiros produtos comerciais chegaram ao mercado por volta de 1962.

Comparando a evolução de tudo aquilo que usamos hoje e que foi inventado neste último século, a microeletrônica é a única atividade que apresenta cerca de 16% de crescimento anual desde seu surgimento, produzindo uma revolução na história humana. Se a tecnologia desenvolvida na fabricação de dispositivos fosse empregada para o desenho de mapas, por exemplo, teríamos o resultado apresentado na figura 2.1 (58). A cada vez mais caminhamos para sistemas completos em um único chip, ou seja, o projeto em eletrônica para criar um único chip a fim de atender uma dada necessidade de mercado.

Para atender as expectativas do mercado consumidor, engenheiros e cientistas trabalham para superar os desafios como maior densidade de integração, maior velocidade de operação e menor consumo de potência, entre outros. Com o intuito de orientar os trabalhos em desenvolvimento, as associações das indústrias de tecnologia desenvolveram um mapa com os avanços alcançados e previsões para os próximos anos (ITRS), como pode ser observado na tabela 2.1 (59).

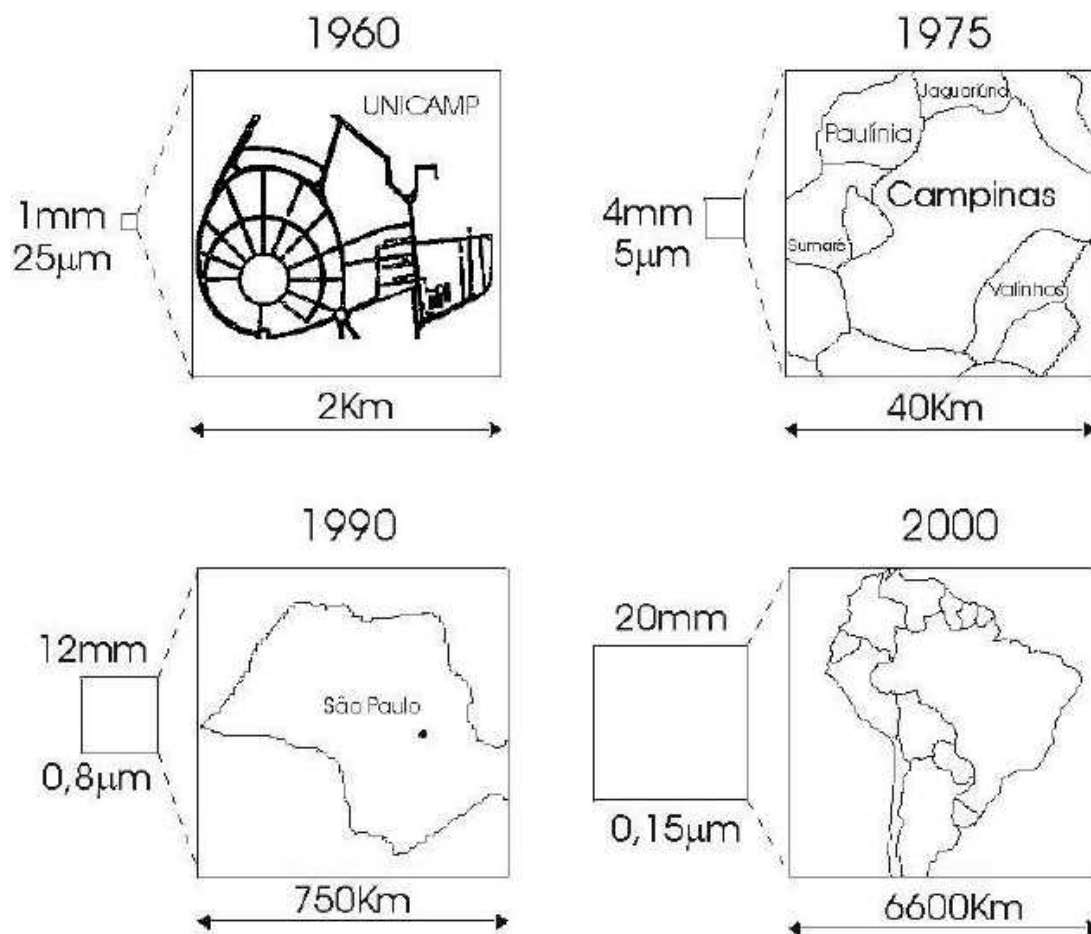


Figura 2.1: Ilustração de mapas desenhados, contendo detalhes de todas as ruas, em áreas de chips nas diversas fases tecnológicas, em escala.

Tabela 2.1 – Dados da previsão da evolução na microeletrônica

Dado / Ano	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
½ Passo (nm)	130	115	100	90	80	70	65
DRAM (megabits)	512	1024	1024	2048	4096	4096	8192
Área chip DRAM (mm ²)	127	100	118	93	147	116	183
Diâmetro / lâmina (mm)	300	300	300	300	300	300	300
Níveis de metal (lógica)	8	8	8	9	10	10	10
Compr. Metal (lógica) (m)	4086	4843	5788	6879	9068	10022	11169
V _{DD} (V)	1.2	1.1	1	1	0.9	0.9	0.7
F _{MAX} de relógio (MHz)	1700	2320	3090	3990	5170	5630	6740
Número de máscaras	21	22	24	24	24	24	24
Defeitos (m ⁻²)	1963	2493	2148	2748	1752	2236	1426
Custo/bit DRAM inicial (µc)	21	14.8	10.5	7.4	5.3	3.7	2.6

Fonte: ITRS 2002 Update (56)

No Brasil, desde a década de 1950 as universidades realizaram atividades em pesquisa de semicondutores e dispositivos contribuindo com processos e equipamentos (58). Toda a pesquisa vem sendo desenvolvida em diversas universidades com auxílio financeiro da CAPES, CNPq, FAPESP e FINEP.

A produção de circuitos integrados inicia-se com as especificações e o projeto. Para isto é necessário conhecer todas as especificações do circuito a ser projetado para definir as ferramentas e recursos necessários em sua implementação. Parte do trabalho é realizado através de ferramentas CAD onde o projetista define seu processo de fabricação e realiza simulações do dispositivo e do circuito. Dentre as diversas ferramentas disponíveis, podemos mencionar:

- a) Processos: SUPREM;
- b) Dispositivos: PISCES, MINIMOS;
- c) Circuitos: “Mentor Graphics”, “Cadence”;

entre outras (60). Na instrução de estudantes iniciantes em microeletrônica foi proposta uma ferramenta para visualização das etapas de fabricação do dispositivo denominada WTPRocesS, que será detalhada no capítulo 3.

2.2 – Etapas do processo de microfabricação

A fabricação de um dispositivo após a elaboração do projeto é constituída por diversas etapas que serão explicadas no decorrer desta seção. O material a seguir é oriundo dos estudos e pesquisas realizadas no CCS/Unicamp, empregando a tecnologia MOS (Metal Oxido Semicondutor) em silício (Si).

2.2.1 – Substrato de silício

A abundância na crosta terrestre, alto domínio do processo de purificação, características mecânicas e elétricas adequadas assim como a excelente qualidade do óxido tornou o Si o material mais comumente usado como substrato para microfabricação. Outros materiais também são utilizados como substrato, tais como Ge, GaAs, Si sobre isolante, Si sobre safira entre outros (1). Cada um destes substratos é

mais indicado para aplicações específicas. Podemos citar o uso do GaAs em aplicações de alta frequência devido a alta mobilidade de portadores no material, entretanto seu custo é muito elevado (aproximadamente vinte vezes maior em relação ao silício) e por ser um material frágil, quebra-se com facilidade durante o processo de microfabricação (1).

O substrato de silício pode ser classificado como tipo p ou tipo n conforme o dopante empregado na sua fabricação, determinando os portadores majoritários, lacunas ou elétrons presentes. A orientação cristalina e resistividade do material que será utilizado também são características importantes na fabricação e no desempenho dos dispositivos MOS.

Em substratos tipo n é realizado o processo pMOS, enquanto em substratos tipo p, o nMOS, pois o canal de modo enriquecimento ou depleção do transistor MOS é formado por portadores minoritários presentes no substrato. Portadores em dispositivos nMOS apresentam mobilidade maior que os pMOS, pois a mobilidade de elétrons é cerca de três vezes maior que a de lacunas. O tipo de dopante pode ser determinado por um sistema de ponta-quente ou pela visualização do formato da lâmina, como indicado na figura 2.2 (1), que também informa a orientação cristalina da lâmina. Atualmente é utilizado um pequeno chanfro em “V” presente na borda da lâmina, cuja utilidade é servir como parâmetro para o alinhamento das máscaras para fotografação e posterior clivagem dos circuitos (*dice*).

Para o substrato em Si temos comumente duas opções de crescimento, com a superfície no plano cristalino (111) ou (100). A orientação cristalográfica pode influir principalmente na taxa de oxidação do substrato e na densidade de defeitos no óxido de Si crescido sobre a lâmina, que originam centros de armadilhamento de cargas no isolante. Estas cargas podem responder de forma indesejável ao campo elétrico aplicado ao dispositivo, reduzindo seu desempenho. Óxidos crescidos sobre lâminas com orientação (100) apresentam menos defeitos que os crescidos sobre substratos com orientação (110) e (111). Para fabricação do Chip teste do CCS/Unicamp são utilizadas lâminas tipo n, para executar o processo pMOS, com orientação (100), o que resulta em menos defeitos nos óxidos crescidos. Tal opção também é feita pela indústria.

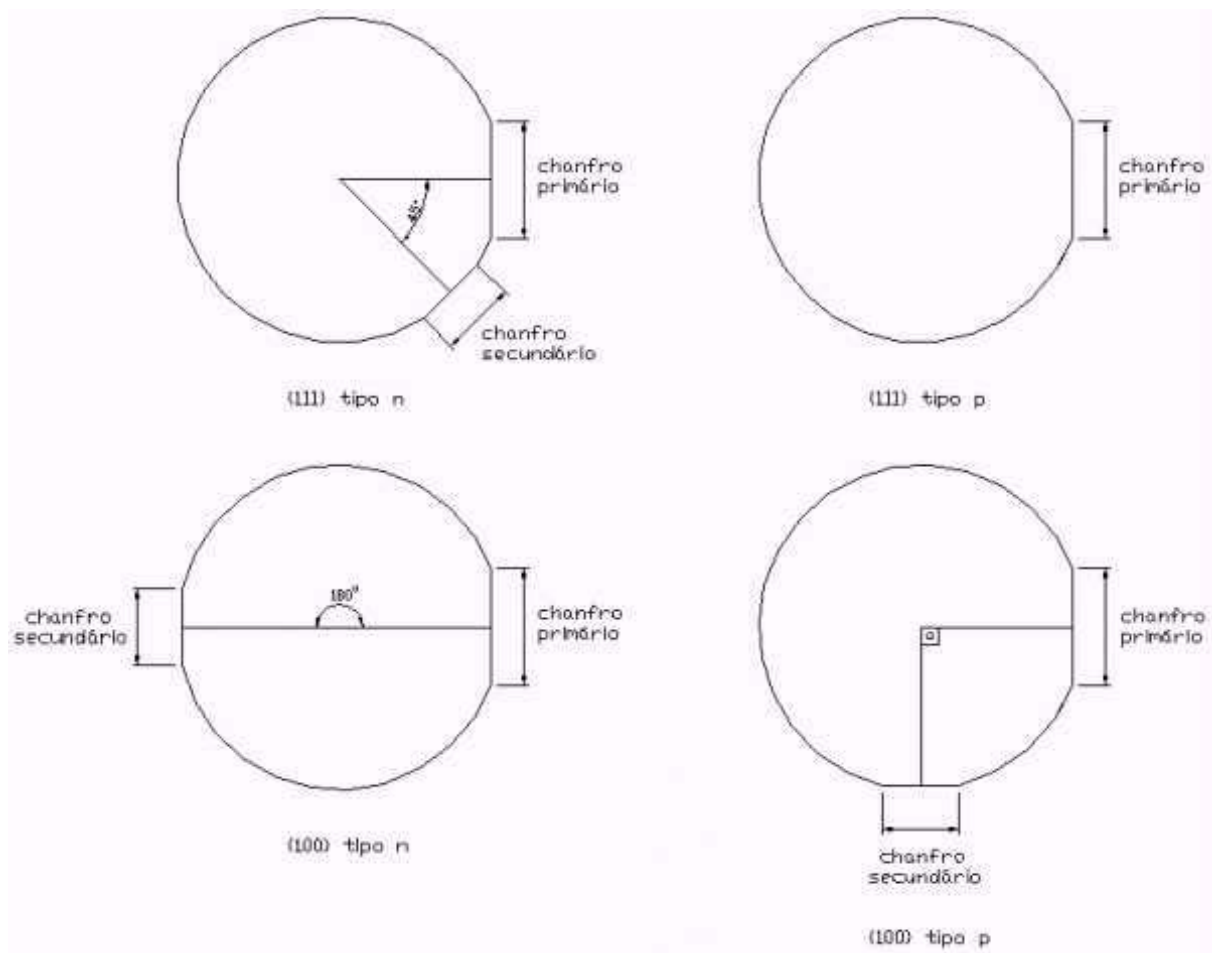


Figura 2.2: Convenção de corte de chanfros para identificação da orientação e do tipo de condutividade

A concentração de dopantes (portadores majoritários) no substrato de Si está fisicamente relacionada com a grandeza resistividade elétrica do material, ρ . Seu valor pode ser medido utilizando um equipamento de quatro pontas e as equações 1 e 2 abaixo, onde V/I é a razão entre a corrente aplicada e a tensão medida, R_s é a resistência de folha e t é a espessura do substrato. Quanto maior a resistividade menor é a concentração de dopantes na lâmina. Normalmente, utilizam-se substratos com concentrações da ordem de 10^{14} a 10^{16} átomos/cm³, resultando em correspondentes resistividades de 1 a 22 Ω .cm. Para fabricação do Chip didático do CCS, utilizam-se lâminas com valores de resistividade entre 4 e 6 Ω .cm, com concentração de portadores da ordem de 10^{15} cm⁻³.

$$R_s = 4,53 * V / I \text{ <resistência de folha> } \Omega / \square$$

Equação 1

$$\rho = R_s * t \text{ <resistividade> } \Omega.\text{cm}$$

Equação 2

2.2.2 – Limpeza do substrato

A importância da limpeza das lâminas de Si no processo de microfabricação é essencial para alcançar os resultados desejados do dispositivo. No CCS é utilizada a limpeza padrão RCA modificada (61) ajustada para remoção de gordura e impurezas como apresentado na tabela 2.2 a seguir. Vale lembrar que entre cada solução aplicada é feito um enxágüe com água deionizada (DI) 18 Mohm.cm durante três minutos. Após o término das etapas da limpeza, a lâmina não apresenta qualquer mancha ou irregularidade na superfície (aspecto espelhado). Deve ser seca com nitrogênio para remover a água DI do último enxágüe.

Tabela 2.2 – Soluções para limpeza das lâminas

Solução	Finalidade
H ₂ SO ₄ /H ₂ O ₂ (4:1) em 80° C por 10 minutos	A solução denominada “piranha” tem como principal função remover gorduras;
HF/H ₂ O (1:10) em temperatura ambiente por 10 segundos	Remoção do óxido nativo da superfície do Si (SiO ₂);
NH ₄ OH/H ₂ O ₂ /H ₂ O (1:1:5) em 80° C por 10 minutos	Remoção de gordura e metais do grupo 1B e 3B (Cu, Ag, Zn, Cd);
HCl/H ₂ O ₂ /H ₂ O (1:1:5) em 80° C por 10 minutos	Dissolvem-se os íons alcalinos e hidróxidos de Fe ⁺³ , Al ⁺³ e Mg ⁺³ das superfícies dos substratos.

2.2.3 – Oxidação

A oxidação é o processo químico pelo qual o silício reage com o oxigênio para a formação de um filme de dióxido de silício (SiO₂). Essa reação é feita em fornos ultra limpos e em temperaturas que variam de 700°C a 1200°C. Pode ser térmica Úmida ou Seca (com ou sem tricloroetileno (TCE – HC₂Cl₃)). A função do óxido de silício é isolar elementos no dispositivo. Quanto mais espesso for o óxido, maior o isolamento.

Neste processo a reação que ocorre para formação do óxido consome parte do substrato (44% do substrato em relação à espessura do óxido). O óxido de silício pode ainda ser obtido através de deposição onde a reação química ($\text{SiH}_4 + \text{O}_2 \rightarrow \text{SiO}_2 + 2\text{H}_2$) ocorre cataliticamente na superfície do substrato, formando o filme depositado.

2.2.4 – Fotolitografia

O processo fotolitográfico é a técnica utilizada para transferência de padrões geométricos na superfície da lâmina. São utilizadas máscaras de quartzo, criadas através da aplicação de uma cobertura de cromo ou óxido de cromo e emulsão, seguidas da exposição à luz ou feixe de elétrons para transcrever o padrão desejado (1; 62). A utilização da máscara visa reproduzir um padrão para a lâmina de silício. Cada padrão transferido na máscara constituirá uma dentre várias etapas do processo que podem ser empregadas na construção de um dispositivo (um transistor, por exemplo).

Para transferir o padrão da máscara para a lâmina é aplicado um fotorresiste (FR; é um líquido viscoso) sobre o substrato e espalhado em alta rotação utilizando-se um equipamento que prende a lâmina através de vácuo e espalha o FR por força centrífuga (*spinner*). Todo o processo de aplicação do FR é realizado em uma capela com exaustão. Faz-se então uma pré-cura aquecendo o FR para remoção do excesso de solvente na estufa.

Utiliza-se então a fotoalinhadora para transferir o padrão da máscara para o substrato (colocando-se a máscara sobre o substrato) expondo o material a luz ultravioleta. O FR sensibilizado torna-se solúvel (no caso de fotogração positiva) e é revelado para produzir o traçado desejado sobre a lâmina (figura 2.3). No

CCS/Unicamp, a aplicação do FR é realizada em ambiente controlado, iluminado com luz amarela, umidade ajustada e temperatura interna em torno de 25° C controlada para não afetar o polímero indevidamente e evitar dilatação térmica da máscara. Após a revelação do FR, a lâmina é posta novamente na estufa por mais um período (conforme o FR utilizado) antes de realizar outras etapas. Após a conclusão da etapa seguinte, o FR deve ser removido. Neste processo utiliza-se acetona e álcool isopropílico.

É importante mencionar que a transferência de padrões em uma fotogração tem como variáveis o comprimento da onda luminosa, o FR (resina), o nível das óticas refrativas e das máscaras empregadas. Historicamente estes valores têm passado dos 436 para 157 nm (63). Geralmente as fontes luminosas utilizam lâmpadas de vapor de mercúrio a alta pressão (436 ou 405 nm) ou lasers (light amplification by stimulated emission of radiation) excímeros com halonetos de gás nobre (XeF: 351 nm, XeCl: 308 nm, KrF: 249 nm, ArF: 193 nm, F₂: 157 nm) para cumprir as metas de integração (59) e manter baixos os custos dos CIs.

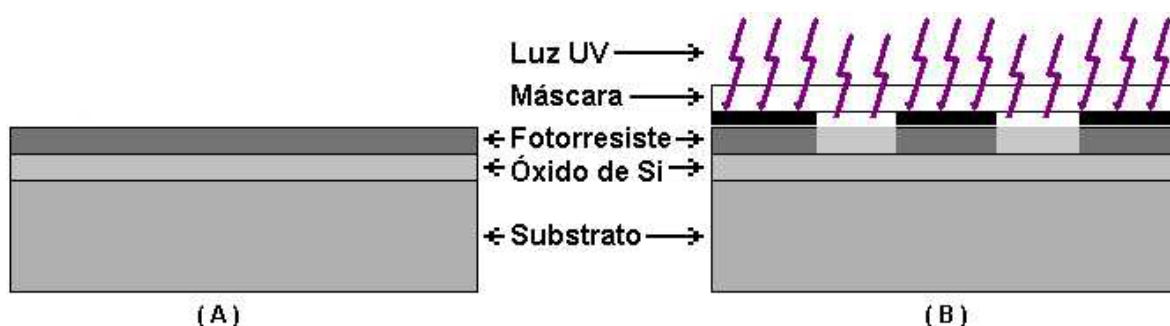


Figura 2.3: Representação da lâmina de Si em corte lateral com óxido de campo crescido. Representa-se em (a) o fotorresiste espalhado sobre o óxido e em (b) a despolimerização do resiste pela exposição à luz ultravioleta para transferência de padrão da máscara para o óxido.

2.2.5 – Corrosão

É a técnica empregada para remover uniformemente um material da superfície de um substrato ou para delinear um padrão em um microcircuito. A corrosão química (figura 2.4) consiste na dissolução de materiais e pode ser seca (Anisotrópica; Plasma,

Plasma-assisted [*Sputtering, Ion Milling*]) ou úmida (Meio aquoso; Isotrópica para materiais amorfos [óxido e nitreto] e policristalinos) (64).

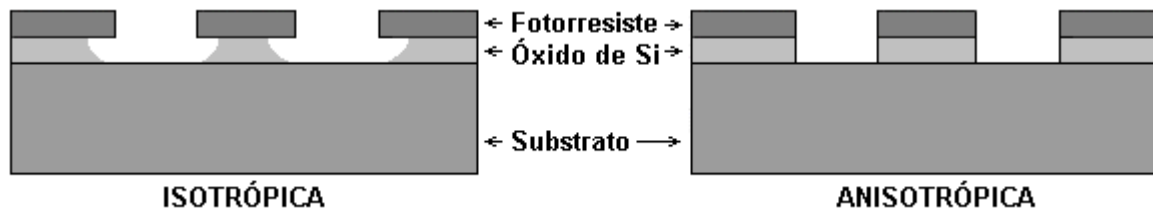


Figura 2.4: Representação das corrosões seca e úmida.

2.2.6 – Dopagem

É o método utilizado para introduzir impurezas no silício. Pode-se utilizar um implantador de íons que produz íons da impureza desejada, acelera-os através de um campo elétrico e faz com que eles se choquem contra a superfície do silício. A profundidade de penetração está relacionada com a energia do feixe de íons, que pode ser controlada pela tensão de aceleração. A implantação permite um controle preciso da quantidade e do perfil de dopantes.

Na fabricação, a difusão está relacionada à introdução intencional de átomos de impureza (dopantes) no silício para mudar sua resistividade. Se a concentração de dopante for alta, a camada difundida pode também ser usada como condutor. A difusão de dopantes pode ocorrer devido ao gradiente de concentração. Pode ser feita com lâmina de dopante intercalada entre as lâminas de processo ou com o uso de filme dopado (*SOG Spin On Glass*) depositado sobre a lâmina. Podemos explicar o processo comparando ao fenômeno de dispersão de uma gota de tinta em um copo com água, exceto que em sólidos ele ocorre mais lentamente.

2.2.7 – Recozimento

É a etapa necessária após a implantação iônica para inserir na rede cristalina (ativar) os dopantes presentes na forma intersticial assim como para efetuar o rearranjo cristalino da porção de Si amorfizada pelo processo. Conforme o tratamento térmico

desejado pode-se utilizar o recozimento feito em forno térmico convencional em ambiente com gás neutro (N_2 , Ar ou Gás Verde(N_2+H_2)) ou ainda com RTP (*Rapid Thermal Process*).

2.2.8 – Deposição

A deposição por vapor químico (CVD – *Chemical Vapor Deposition*) é o processo mais empregado para deposição de filmes finos atualmente. Utiliza gases ou vapores que reagem quimicamente, levando a formação de um filme sólido sobre o substrato (tabela 2.3) (65-66).

Tabela 2.3 – Opções para CVD e respectivas aplicações

Processo	Aplicação
APCVD	Óxidos de baixa temperatura dopados ou não;
LPCVD	óxido de alta temperatura dopados ou não, nitreto de Si, polisilício, W e W-Si;
PECVD	Deposição de dielétricos sobre metais em baixa temperatura e nitreto de Si;
RPECVD	Mesmas aplicações que PECVD e dielétricos de porta em estruturas MOS;
ECR	Idem RPECVD.

Outro processo empregado na deposição de filmes finos é o PVD (*Physical Vapor Deposition*) onde processos físicos são empregados para produção do material a ser depositado. Os processos mais comuns desta técnica são a evaporação e o *sputtering*. No CCS/Unicamp a evaporação é realizada em vácuo por feixe de elétrons. Após a evaporação, normalmente a lâmina é sinterizada para melhorar o contato Silício-Metal na interface do substrato com o filme de alumínio evaporado para obtenção de um contato ôhmico.

A técnica de *sputtering* também é um processo PVD de larga utilização. Neste processo íons acelerados são direcionados a um ou mais alvos sólidos do material que se deseja depositar. Os átomos removidos dos alvos são direcionados para o substrato onde são depositados na forma de filme fino.

WTProcess

3.1 – Introdução

Atualmente a área de microfabricação no Brasil restringe-se basicamente aos centros de pesquisa acadêmicos. Devido à falta de especialistas em microeletrônica é mais difícil atrair investimentos para este setor no país, sendo que esta atividade possui maior valor agregado em seus produtos e crescimento anual de dezesseis por cento em média ao ano. Além disto possuímos uma das maiores reservas de quartzo (silício) no planeta o que facilitaria ainda mais a produção de dispositivos (1).

Tendo em vista a formação de pessoal capacitado nesta área, verificamos que há carência de conteúdo didático em português, assim como a falta de um ambiente (WBE) para educação à distância (EAD) pois foram encontrados apenas fragmentos de cursos disponíveis na Internet. Surge daí a motivação do estudo sobre microfabricação para suprir as lacunas encontradas através da elaboração de ferramentas modulares. Assim, o WTProcess foi desenvolvido como parte (módulo) de um ambiente para ensino de microeletrônica e tem por objetivo prover recursos didáticos para melhorar a compreensão sobre microfabricação, através de tutoriais para EAD. Este material ilustra alguns processos de microfabricação através da interação do usuário, apresentando uma lista com as etapas do processo e respectivas explicações disponíveis no endereço <http://wtprocess.ccs.unicamp.br> ou no CD anexo e possui também um aplicativo desenvolvido (com a linguagem de programação delphi) para ilustrar as receitas elaboradas pelo usuário e que pode ser copiado da página de Internet supracitada.

Um objetivo mais amplo desta pesquisa é propiciar um contexto favorável para o aprendizado de microeletrônica, o qual prioriza o aprender a aprender sobre microeletrônica através do compartilhamento de idéias e concepções com colegas da disciplina e com professor. Pode-se ainda explorar a aprendizagem auto-didática

orientada. Com isso espera-se propiciar novas abordagens ao processo de ensino/aprendizagem de microeletrônica.

3.2 – Desenvolvimento de Tutoriais

Para disponibilizar todo o conteúdo desenvolvido foi utilizado um computador adquirido com a reserva técnica da FAPESP. Este equipamento utiliza como sistema operacional o GNU/Linux e nele foi configurado um servidor de páginas para Internet (Apache), assim como os demais ajustes necessários para o funcionamento na rede da Unicamp.

As páginas elaboradas podem ser acessadas através da árvore de conteúdo presente na página inicial ou do menu presente no topo da página, conforme ilustrado na figura 3.1 abaixo:



Figura 3.1: Página inicial do Web Terminal Process

No atalho “Início” é apresentado uma página de boas vindas com informações sobre a navegação e a árvore de conteúdo; em “Contato”, estão disponíveis os endereços e telefones para envio de dicas, dúvidas e sugestões sobre o projeto assim como a possível solicitação de uma cópia em CD; em “*Download*” disponibilizamos o aplicativo e informações sobre o projeto e licenças para distribuição do mesmo; em “Ensino” há atalhos para os modelos didáticos sobre os processos CMOS, nMOS e pMOS, estudados no CCS/UNICAMP; e em “Páginas Relacionadas” existe uma relação com outras páginas na Internet que abordam o mesmo tema ou tem alguma relação com pesquisa desenvolvida.

Dessa forma a estrutura inicial do WTPProcess oferece recursos suficientes para iniciar os estudos sobre microeletrônica. Os processos MOS (nMOS, pMOS e CMOS) disponíveis em “Ensino” ilustram as diversas etapas apresentadas no capítulo 2 como oxidação, fotogração, corrosão entre outras. Foram usadas como parâmetro as informações sobre os processos de microfabricação estudados e desenvolvidos no CCS/UNICAMP.

3.2.1 – Otimização de recursos

Os tutoriais foram elaborados utilizando páginas dinâmicas (DHTML) e estruturas para otimizar o gerenciamento da área de trabalho disponível no navegador dividindo o espaço em regiões (*frames*) administradas com a linguagem Java (*javascripts*). Além disto, optou-se por ocultar os botões de navegação e barra de endereços do navegador para ampliar o espaço disponível ao usuário. Isto permitiu a criação de uma ferramenta simples com o gerenciamento das diversas regiões simultaneamente, oferecendo o dinamismo necessário para coordenar e agrupar as informações afins com facilidade.

O foco desta ferramenta foi permitir a qualquer usuário o acesso ao material didático desenvolvido com o mínimo de recursos computacionais, ou seja, um computador simples (100 MHz, 16 MB RAM e CD-ROM) com os requisitos para navegação na Internet (navegador com suporte a máquina virtual Java, por exemplo) pode acessar todo o projeto. Isto permite alcançar um maior número de usuários, independente da plataforma computacional que este esteja utilizando (PC ou

Macintosh) pois tudo é visualizado da mesma forma. Para viabilizar esta proposta sem a necessidade de instalação de componentes (programas) adicionais ao sistema operacional ou navegador, foi estudada a representação das cores padrão para oferecer a mesma representação do conteúdo elaborado em sistema.

Para isto, a figura 3.2 ilustra o diagrama adotado para representação dos tutoriais. Existe um menu permanente no topo da página como mencionado após a figura 3.1, seguido do título do processo ilustrado no tutorial e a porção restante da página é dividida em três partes: ilustrações à esquerda, barra com botões para navegação do conteúdo e acesso direto a qualquer etapa desejada do processo acima à direita e relação das etapas do processo estudado logo abaixo, com atalhos para visualizar a etapa ou obter maiores informações.

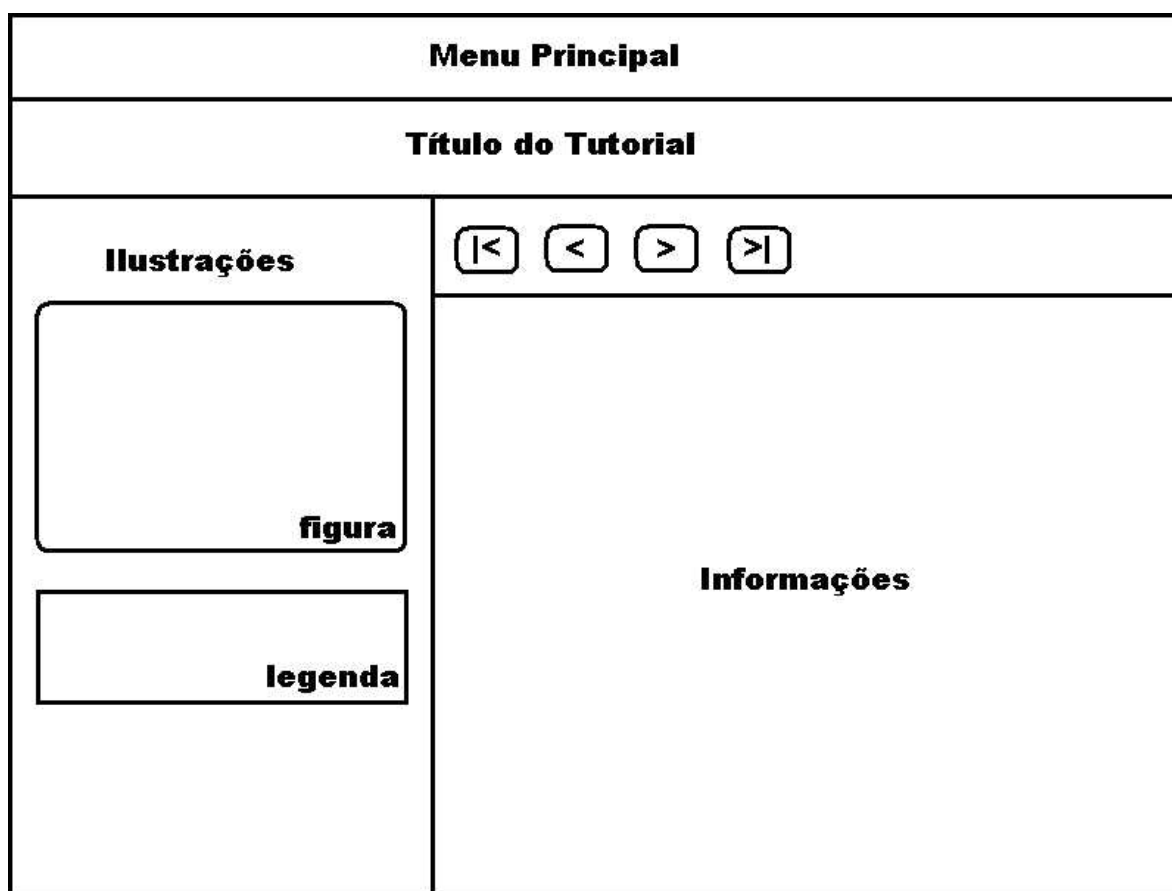


Figura 3.2: Diagrama das regiões das páginas dos tutoriais

A figura 3.3 ilustra o diagrama com uma página criada para o processo CMOS educacional, apresentando a etapa dois que é a limpeza padrão RCA modificada completa.

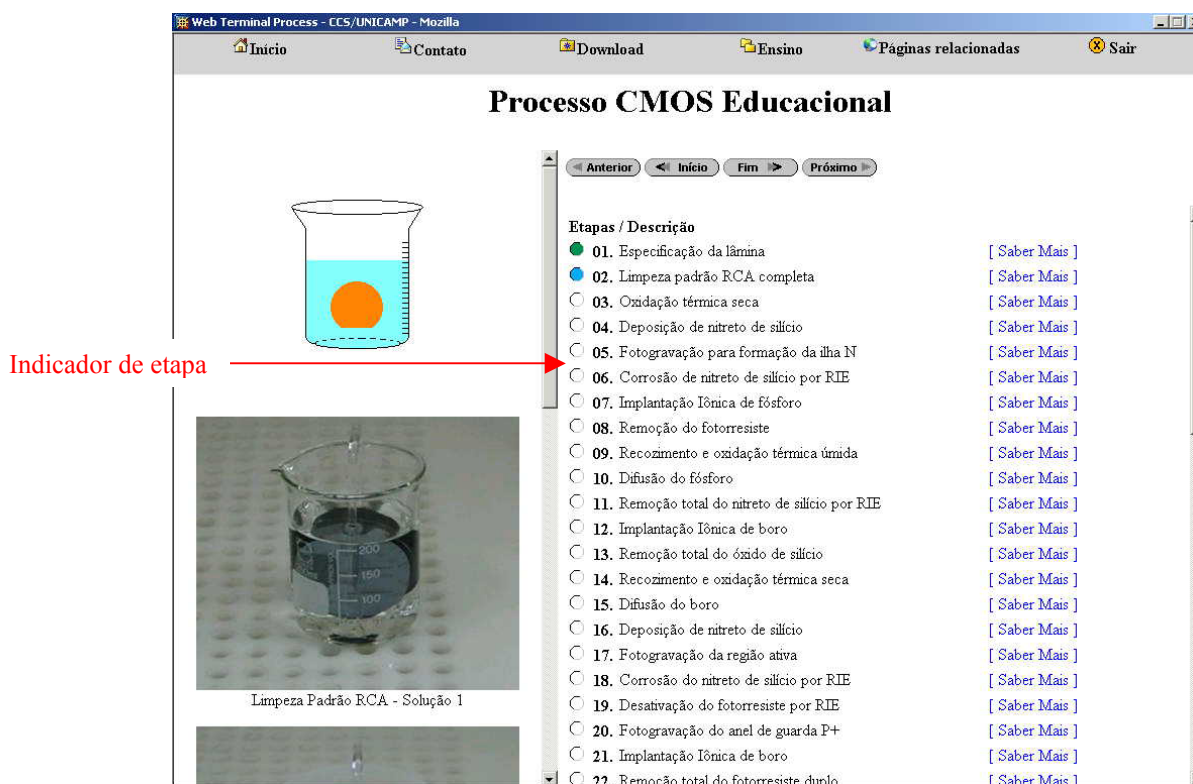


Figura 3.3: Ilustração do processo CMOS

A maneira como foi dividida a página simplifica sua manutenção porque podem ser feitas ampliações ou correções em cada região do navegador onde foi elaborado o conteúdo didático, assim como a manutenção das informações presentes no atalho “*Saber Mais*”. Este atalho traz maiores informações sobre as etapas envolvidas no estudo de um processo de microfabricação, como pode ser observado na figura 3.4. As informações apresentadas sobre a limpeza padrão RCA modificada, por exemplo, esclarecem que as soluções químicas utilizadas removerão qualquer partícula de sujeira presente na superfície da amostra.

Ao interagir com este material o aluno poderá compreender melhor o processo estudado pois o tutorial traz além da relação de etapas de fabricação, animações, fotos e explicações sobre o dispositivo apresentado. No processo de microfabricação de um

dispositivo CMOS educacional, ilustrado na figura 3.3, podemos notar quais etapas já foram visitadas, qual etapa está ativa e quais etapas ainda serão estudadas, conforme o indicador de etapa presente na área de informações. Essa navegação entre as etapas do processo podem ser feitas através dos botões de avanço e regresso presente no topo da área de informações ou através do acesso direto, clicando no indicador presente a esquerda do número da etapa do processo estudado. As cores deste indicador são: branco para os itens que ainda não foram acessados, obedecendo a ordem lógica de acompanhamento das etapas, que seria do primeiro ao último item; verde para o item que já foi visitado e azul piscante para o item que está sendo observado no momento.

Web Terminal Process - CCS/UNICAMP - Mozilla

Início Contato Download Ensino Páginas relacionadas Sair

Processo CMOS Educacional

Anterior Início Fim Próximo

Limpeza Padrão RCA Completa

A limpeza das lâminas de silício é fundamental num processo de microfabricação. Esta limpeza é feita para remover quaisquer resíduos de gordura ou impurezas presentes na superfície da lâmina. Para garantir uma limpeza eficaz, segue-se um processo padrão que consiste na seguinte sequência de etapas:

1. $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2$ 4:1 (solução exotérmica, libera calor, aproximadamente a 80 °C)
Mergulhar a lâmina nesta solução (usualmente conhecida como "piranha") por 10 minutos.
Finalidade: Solução utilizada para remover principalmente gorduras.
2. $\text{HF} + \text{H}_2\text{O}$ 1:10
Mergulhar a lâmina nesta solução por 30 segundos a frio. (usar vasilhame de polietileno ou teflon)
Finalidade: Solução utilizada para remover óxido de silício (SiO_2) nativo.
3. $\text{NH}_4\text{OH} + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$ 1:1:5
Aquecer esta solução a 80 °C e colocar as lâminas por 10 minutos.
Finalidade: Utilizada para remover gordura e também alguns metais.
4. $\text{HCl} + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$ 1:1:5
Aquecer esta solução a 80 °C e colocar as lâminas por 10 minutos.
Finalidade: Utilizada especificamente para remoção de metais.

Entre o mergulho numa solução e outra as lâminas são submetidas a um enxague em água corrente deionizada (H_2O DI 18 Mohms x m) durante 3 minutos.

Após o último enxague, secar as lâminas com jatos de nitrogênio puro (N_2).

Limpeza Padrão RCA - Solução 1

Figura 3.4: Explicação do “Saber Mais” sobre limpeza padrão RCA modificada

Através do uso desta ferramenta de ensino pelos alunos de diversos cursos da graduação e pós-graduação, a manutenção da ferramenta é feita reestruturando constantemente o conteúdo e ampliando os tutoriais de acordo com as necessidades relatadas. A estrutura aqui desenvolvida pode ser aplicada a outras áreas de

conhecimento para o ensino de diversas disciplinas, abordando outros domínios de conhecimento.

O uso do WTPRocesS no ensino de disciplinas da graduação e pós-graduação da faculdade de engenharia elétrica (FEEC/UNICAMP) permitiu aos alunos melhor compreensão das etapas de processo estudadas observando as animações dos processos e assimilando a teoria com tutoriais gráficos e material de apoio impresso (apostilas). Com os conselhos dos docentes e dúvidas dos alunos foi possível melhorar as animações como na difusão de dopantes, onde observa-se o espalhamento em todas as direções através da mudança do aumento da região onde houve implantação dos íons do dopante. A evolução das animações pode ser notada observando comparativamente os processos pMOS e CMOS presentes no menu ensino.

3.2.2 – A criação das animações

Para prover animações leves e funcionais em qualquer navegador presente em computadores com configurações modestas (e que pudessem acessar a Internet) foram criados GIFs (*Graphics Interchange Format*) animados. GIFs animados são seqüências de figuras estáticas com até 256 cores, apresentadas uma a uma com pequenas modificações entre elas, separadas por um intervalo de tempo onde é proporcionada a sensação de animação (ou movimento). Um exemplo simples para a criação de uma animação pode ser observado na figura 3.5 a seguir. Aqui foram criadas seis figuras para ilustrar o aceno de um boneco. Quanto maior o número de figuras presente na animação e mais suave for a mudança entre as figuras, melhor ficará a animação. Neste exemplo a seqüência para o aceno é 1, 2, 3, 4, 5, 6, 5, 4, 3, 2, 1, onde o boneco pode ficar acenando constantemente se não houver um grande pausa ao final da seqüência ou se a opção para reinício (*loop*) estiver habilitada. Para o desenvolvimento dos tutoriais tentou-se balancear a presença de boas animações com arquivos pequenos. Isto também causou maior dificuldade na criação das figuras.

Para auxiliar a apresentação do processo de microfabricação estudado, foi inserido um indicador de tempo canto superior direito de cada animação. O tempo decorrido é notado através da mudança de cor do indicador que é inicializado em verde

e vai ficando vermelho até a conclusão da etapa ilustrada. Ao término de cada animação (indicador vermelho) há uma pausa para reiniciar a apresentação da etapa.

Juntamente com as animações, as etapas de fabricação são ilustradas com fotos reais do processo realizado em laboratório, permitindo ao estudante conhecer como seu dispositivo será criado realmente.

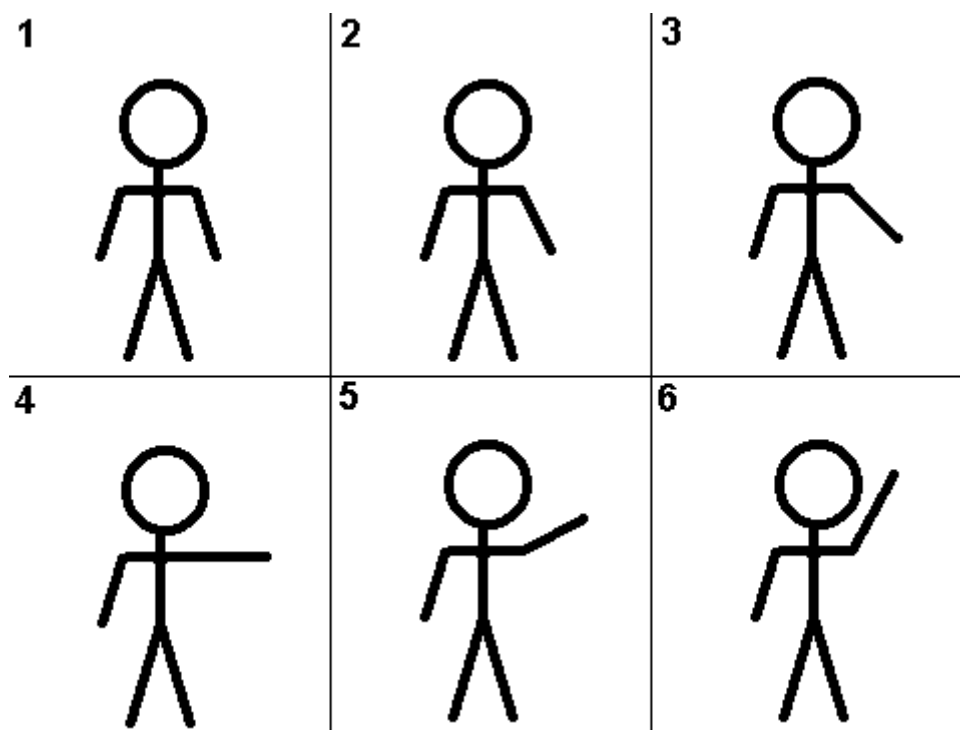


Figura 3.5: Criando uma animação com figuras estáticas

Podemos ainda comparar as possibilidades disponíveis para criação de animações para páginas na Internet. As opções mais difundidas são os GIFs animados e Macromedia Flash. Devido ao caráter do projeto ter como objetivo a elaboração de material didático com qualidade e de livre distribuição, optou-se pela primeira alternativa.

A principal diferença entre estes dois tipos de animações para a Internet está diretamente relacionado com a forma como cada figura é desenhada e armazenada. Em um GIF, cada figura que compõe a animação é composta por um mapa de pontos (*bitmap*) enquanto um gráfico em flash é composto por vetores de pontos. Uma figura GIF é vantajosa no caso deste projeto onde o aluno não interage com a figura e sim

com relação de etapas do processo estudado. Caso fosse adotado o uso de animações elaboradas em flash, seria possível ter maior detalhamento com ajuste de escala da animação, entretanto tal atividade requer ferramenta proprietária para desenvolvimento (necessitando de licenças para os programas de desenvolvimento) o que descaracteriza a finalidade da ferramenta, que é seguir o modelo de desenvolvimento apoiado pela licença GNU/GPL (ANEXO A).

Outro obstáculo encontrado para o trabalho com flash foi a necessidade do navegador estar atualizado, com javascript 1.2 ou mais recente e ativo além de aceitar *cookies*. Isto requer ainda uma melhor conexão com a Internet por parte do usuário que necessita atualizar os programas de seu computador para usufruir dos recursos necessários. O cenário apresentado neste contexto também inviabilizaria a proposta de funcionamento da ferramenta desenvolvida em computadores mais simples.

Depois de definido o formato das animações, foram elaborados os modelos didáticos conforme acompanhamento de processos reais desenvolvidos no laboratório do CCS/UNICAMP.

3.3 – Desenvolvimento do Aplicativo

Como complemento às aulas e aos tutoriais disponíveis no WTPProcess foi desenvolvido um aplicativo, com a intenção de prover maior liberdade ao estudante de microfabricação para criar seus projetos e visualizar os resultados através da elaboração de uma receita de fabricação. Este programa de computador foi desenvolvido utilizando num primeiro momento a linguagem de programação Borland Delphi (67) pois permite a ilustração da receita de fabricação de forma rápida, agilizando cálculos e trabalho com matrizes de pontos. A interface da linguagem para programação, por ser gráfica, torna a programação mais simplificada em relação à utilização dos componentes nos formulários. Foi utilizada por ser portátil entre os sistemas operacionais Microsoft Windows (Delphi) e GNU/Linux (Kylux) (68) utilizando o mesmo código fonte do programa garantindo a portabilidade entre sistemas distintos.

Na atual versão do aplicativo o usuário precisa aprender como escrever uma receita de fabricação respeitando a seqüência de etapas para então carregar a receita

no aplicativo e visualizar a ilustração das etapas. Posteriormente será desenvolvido uma aplicação totalmente voltada a Web (JSP – Java Server Pages) permitindo ao usuário criar novos processos em tempo real de aprendizado, onde poderão ser criadas receitas, verificar se houve erros na decisão entre as etapas, criação de máscaras e possivelmente outras facilidades (editor *online*).

Uma captura de tela do programa pode ser observada na figura 3.6. No menu arquivo existe a opção “Abrir” onde é fornecido o arquivo de receita. As informações sobre como elaborar o arquivo de receita pode ser consultado em “Ajuda” e “Como usar?”, que explica como proceder em relação às máscaras para fotogravação e como o aplicativo compreende as informações sobre o tipo de substrato e demais etapas.

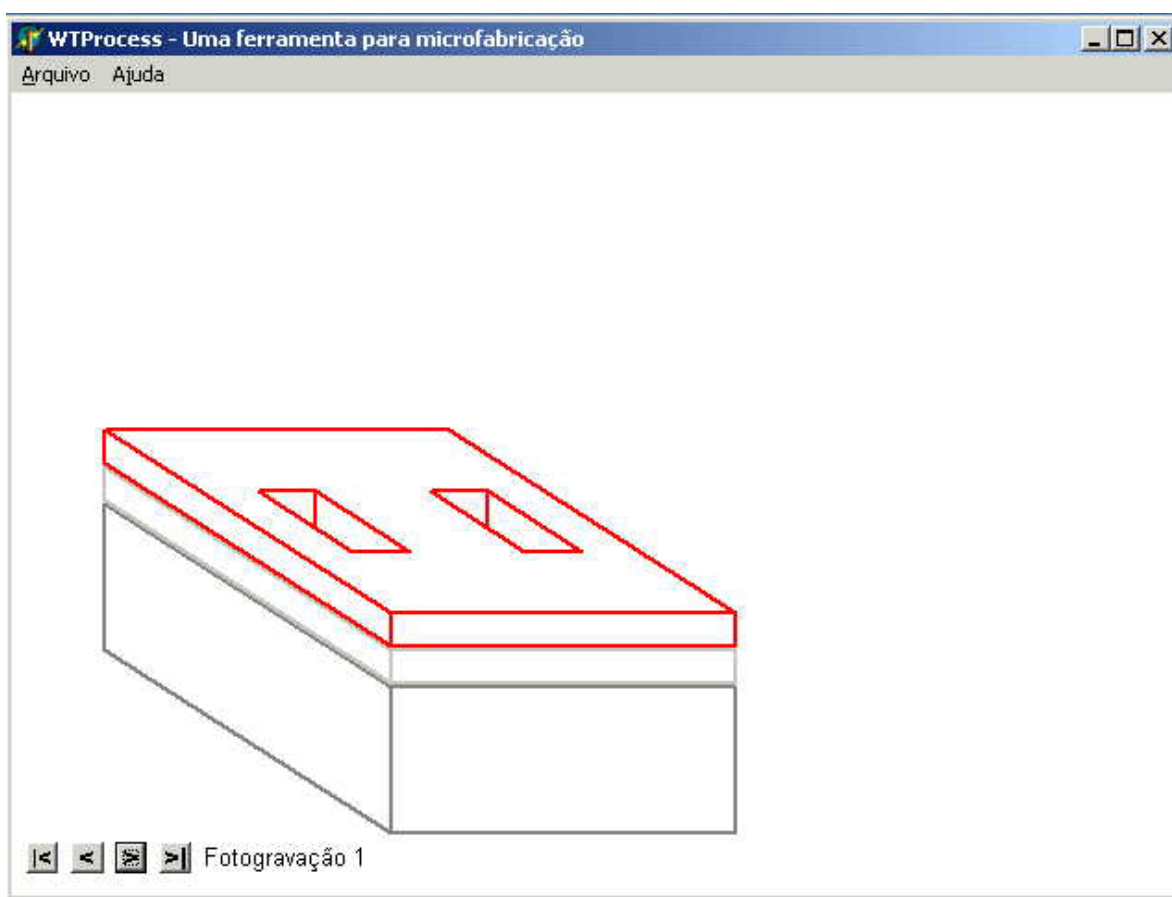


Figura 3.6: Aplicativo para visualização de uma receita

3.3.1 – Exemplo de receita para microfabricação

O arquivo de receita é composto por diversas linhas que representam as etapas do processo estudado. Cada linha é composta por campos que definem os parâmetros da etapa a ser realizada. Podemos observar o exemplo genérico a seguir:

```
TST 0000 "Descrição" "(regiões para fotogração) (região2) (...)"
```

O primeiro campo é composto pela definição da etapa utilizando três caracteres mnemônicos, por exemplo, WOX para oxidação úmida (*Wet Oxidation*). Em seguida são passados os parâmetros da etapa, em quatro caracteres numéricos e sua legenda definida pelo usuário. Para a etapa de fotogração um campo adicional é utilizado para definir as regiões expostas à luz ultravioleta.

No fragmento de receita apresentado abaixo, é escolhido o substrato de silício tipo p (PSI) e sua legenda "Substrato Si-p". Esta etapa de processo não apresenta outros parâmetros necessários, que se caracteriza pela seqüência 0000 no segundo campo. A segunda linha submete o substrato a uma oxidação úmida (WOX) com 40 nanômetros de espessura (0040) e respectiva legenda. Este óxido será fotogravado (PHO) com um resiste positivo (0001) para formação de duas regiões retangulares. Os limites destas regiões são definidos pelos vértices de cada retângulo a partir de uma origem pré definida. O primeiro retângulo tem vértices nos pontos (2,4;4,4;4,8;2,8) enquanto que o segundo possui os seguintes vértices (8,4;10,4;10,8;8,8).

```
PSI 0000 "Substrato Si-p"  
WOX 0040 "Oxidação de Campo Úmida"  
PHO 0001 "Fotogração1" "(2,4;4,4;4,8;2,8) (8,4;10,4;10,8;8,8)"  
ETC 0000 "Corrosão"  
...
```

3.3.2 – Exemplo da interpretação da receita para microfabricação

A receita definida pelo usuário é compilada em dois arquivos para ilustração das etapas do processo proposto. No primeiro arquivo são armazenados os dados sobre a

cor do objeto (RGB) a ser representado na tela seguido de suas coordenadas gráficas em relação a origem da janela do programa (canto superior esquerdo). A primeira linha do programa receita exemplo (item 4.3.1) irá transferir portanto os seguintes dados para a representação gráfica do substrato.

```
128 128 128 50,202 236,202 391,301 391,400 205,400 50,301 50,202 205,301
205,400 205,301 391,301
```

O segundo arquivo possui a quantidade de linhas interpretadas em relação ao primeiro arquivo para a representação gráfica da etapa solicitada na receita.

```
001 "Substrato Si-p"
003 "Oxidação de Campo Úmida"
006 "Fotogravação dos contatos"
```

Ao término da interpretação o usuário pode alternar entre as etapas geradas utilizando os botões de navegação localizados a esquerda da legenda.

A maior contribuição deste trabalho foi prover materiais didáticos para ampliar a explanação das aulas de diversas disciplinas tanto da graduação como pós-graduação, materiais que até então não existiam. O próximo passo será revisar todo o conteúdo e disponibilizá-lo não apenas na Internet como complemento das apostilas. As novas contribuições do WTPRocesS são permitir a acoplagem de outras ferramentas junto a uma WBE como módulos de: perguntas e respostas; avaliação; interação com programas em Java entre outras possibilidades.

Considerações finais

4.1 – Conclusão

O trabalho apresenta as seguintes conclusões específicas:

- Projetou-se um ambiente de EAD específico para microeletrônica, seguindo a filosofia GNU/GPL, composta por uma árvore de módulos de disciplinas;
- Implementou-se o módulo de disciplina sobre processos de microfabricação, chamado WTPProcess, contendo tutoriais e um aplicativo que permite simular novos processos;
- Os tutoriais foram implementados em formato hipertexto contendo ilustrações, fotografias de trabalhos experimentais de laboratório e descrições sucintas de cada etapa de processo. Esta estrutura permite ao aluno navegar de forma livre e em diferentes níveis de detalhe e oferece uma compreensão similar a participação da aula presencial;
- O aplicativo de simulação de etapas de processo disponível no momento pode ser copiado na página de *downloads* do projeto e funciona nos sistemas operacionais Windows e GNU/Linux;
- O material elaborado e disponível na Internet já foi utilizado em aulas dos cursos de graduação e pós-graduação da Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação da Unicamp (FEEC) nas disciplinas EE300, IE326, EE941, EE410, EE511, IE521, IE726, assim como em apresentações sobre o trabalho desenvolvido no CCS/Unicamp;
- Todo o material elaborado no projeto está disponível para cópia e expansão dos módulos propostos, respeitando os termos presentes na licença pública GNU/GPL.

4.2 – Trabalhos e Perspectivas futuras

O módulo de ensino de microfabricação será expandido com os seguintes recursos:

- Através do emprego da linguagem Java (JSP) será ampliada a aplicação para que possa ser portátil para qualquer sistema operacional e permitido a expansão de módulos educacionais sobre microeletrônica;
- Criação de um editor de processos de microfabricação (*online*), onde o usuário poderá criar novas receitas de forma interativa. Se durante a definição do processo o estudante cometer erros, será alertado sobre sua falha e como solucioná-la, poderá salvar seu trabalho para consultas posteriores e compartilhar seus processos com outros estudantes. Isto permitirá a colaboração com outros estudantes;
- Será possível o rastreamento das tarefas realizadas pelo aluno para acompanhamento do professor, possibilitando o acompanhamento do raciocínio do aluno, permitindo o replanejamento e mediação do docente durante o processo educativo através do “debug da receita”;
- Programadores e estudantes interessados no projeto poderão colaborar com novos recursos ao sistema e sua interface com o usuário incluindo a implementação dos demais módulos.

Referências Bibliográficas

- 1 SWART, Jacobus W. “Materiais Elétricos”, Material de referência do curso de graduação da Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Unicamp, 2003.
- 2 CCS/UNICAMP; “Centro de Componentes Semicondutores”; Disponível em: <<http://www.ccs.unicamp.br>>; Acessado em: 23 de julho de 2003.
- 3 “Telégrafo: história da comunicação”; Disponível em: <<http://geocities.yahoo.com.br/jcc5001pt/museutelegrafo.htm>>; Acesso em: 23 de julho de 2003.
- 4 “A história da telegrafia”; Disponível em: <<http://planeta.terra.com.br/lazer/pu3lhr/telegrafia.htm>>; Acesso em: 23 de julho de 2003.
- 5 GOMES, Leandro de Campos. “Pequena história do computador”, São Paulo: Contexto, 1988.
- 6 “Computadores: história”; Disponível em: <<http://www.lcmi.ufsc.br/gia/computer/node10.html>>; Acesso em: 23 de julho de 2003.
- 7 TORRES, Gabriel; “A história dos computadores”; Disponível em: <<http://www.rio40.hpg.ig.com.br/historia.htm>>; Acesso em: 23 de julho de 2003.
- 8 MEIRELLES, Fernando de S.; “Informática: novas aplicações com microcomputadores”; São Paulo: Makron Books, 1994.
- 9 MENEZES, Glauco G.; “O Paradigma CSCL e a avaliação discente mediada pelas NTICs: reflexões através do conceito de contradições da teoria da atividade”; Dissertação de mestrado, Curitiba, 2002.
- 10 “História da Informática Educativa no Brasil”; Disponível em: <<http://www.edutec.net/Textos/Alia/PROINFO/edprhist.htm>>; Acesso em 23 de julho de 2003.
- 11 “Programa Nacional de Informática na Educação”; Disponível em: <<http://www.mec.gov.br/seed/tvescola/tvescola/proinfo.shtml>>; Acesso em: 23 de julho de 2003.
- 12 “Multics History”; Disponível em: <<http://www.multicians.org/history.html>>; Acesso em: 23 de julho de 2003.
- 13 RITCHIE, Dennis M.; “O desenvolvimento da linguagem C”; Disponível em: <<http://cm.bell-labs.com/cm/cs/who/dmr/chistPT.doc>>; Acesso em: 23 de julho de 2003.

14 “C History”; Disponível em: <<http://cm.bell-labs.com/cm/cs/who/dmr/chist.html>>; Acesso em: 23 de julho de 2003.

15 “Space Travel: Exploring the solar system and the PDP-7”; Disponível em: <<http://cm.bell-labs.com/cm/cs/who/dmr/spacetravel.html>>; Acesso em: 23 de julho de 2003.

16 “The famous PDP-7 comes to the rescue”; Disponível em: <<http://www.bell-labs.com/history/unix/pdp7.html>>; Acesso em: 23 de julho de 2003.

17 “Histórico do Linux”; Disponível em: <<http://www.linuxsupport.com.br/history.html>>; Acesso em: 23 de julho de 2003.

18 THOMPSON, Kenneth; “Biografia”; Disponível em: <<http://www.bell-labs.com/about/history/unix/thompsonbio.html>>; Acesso em: 23 de julho de 2003.

19 “The Open Group”; Disponível em: <<http://www.opengroup.org>>; Acesso em: 23 de julho de 2003.

20 “Bell Labs”; Disponível em: <<http://www.bell-labs.com>>; Acesso em: 23 de julho de 2003.

21 “The creation of the UNIX Operating System”; Disponível em: <<http://www.bell-labs.com/about/history/unix>>; Acesso em: 23 de julho de 2003.

22 “Projeto de Sistemas Operacionais em linguagem C”; Disponível em: <<http://www.cic.unb.br/docentes/fernando/livros/livropso.htm>>; Acesso em: 23 de julho de 2003.

23 BRESNAHAM, Timonthy F.; “Minicomputers”; Disponível em: <<http://www-econ.stanford.edu/faculty/workp/swp97031.pdf>>; Acesso em: 23 de julho de 2003.

24 “UNIX Seventh Edition”; Disponível em: <<http://museum.sysun.com/museum/u7hist.html>>; Acesso em: 23 de julho de 2003.

25 GATES, Bill.; “A visão sobre o Xenix em 1980”; Disponível em: <<http://www.theregister.co.uk/content/4/24504.html>>; Acesso em: 23 de julho de 2003.

26 “Microsoft Xenix (1 de 2)”; Disponível em: <<http://comment.zdnet.co.uk/story/0,,t479-s2114489,00.html>>; Acesso em: 23 de julho de 2003.

27 “Microsoft Xenix (2 de 2)”; Disponível em: <<http://comment.zdnet.co.uk/story/0,,t479-s2114489-p2,00.html>>; Acesso em: 23 de julho de 2003.

28 “Information about Xenix, UNIX variant”; Disponível em: <<http://www.computerhope.com/unix/xenix.htm>>; Acesso em: 23 de julho de 2003.

29 “PDP-11 Xenix”; Disponível em: <<http://minnie.tuhs.org/pipermail/pups/1997-October/000020.html>>; Acesso em: 23 de julho de 2003.

30 TOOMEY, W.; “The PDP-11 Unix Preservation Society”; Disponível em: <<http://minnie.tuhs.org/Seminars/AUUG96/pdppaper.html>>; Acesso em: 23 de julho de 2003.

31 OPEN GROUP; “The UNIX System – History and Timeline”; Disponível em: <http://www.unix-systems.org/what_is_unix/history_timeline.html>; Acesso em: 23 de julho de 2003.

32 “Revista TI: As origens do pingüim”; Disponível em: <http://www.timaster.com.br/revista/artigos/main_artigo.asp?codigo=266>; Acesso em: 23 de julho de 2003.

33 Kaare, Christian. “The UNIX Operating System”, second edition, Editora John Wiley & Sons, USA, 1988.

34 Nemeth, Evi et al. “UNIX System Administration Handbook”, third edition, Prentice-Hall, 2001.

35 “History of UNIX”; Disponível em: <http://einfra.50megs.com/history_of_unix.htm>; Acesso em: 23 de julho de 2003.

36 TANENBAUM, Andrew S., “Redes de Computadores”, tradução da terceira edição original por Insight Serviços de Informática; Rio de Janeiro: Campus, 1997.

37 “International Connectivity”; Disponível em: <ftp://ftp.cs.wisc.edu/connectivity_table/Connectivity_Map.color.bmp>; Acesso em: 23 de julho de 2003.

38 “Internet Software Consortium”; Disponível em: <<http://www.isc.org/ds/host-count-history.html>>; Acesso em: 23 de julho de 2003.

39 “Internautas brasileiros cresceram 23,7% em 2002, revela eRatings”; Disponível em: <<http://idgnow.terra.com.br/idgnow/internet/2003/02/0054>>; Acessado em: 23 de julho de 2003.

40 “Internet tem 580 milhões de usuários no mundo”; Disponível em: <<http://idgnow.terra.com.br/idgnow/internet/2003/02/0071>>; Acesso em: 23 de julho de 2003.

41 “Internet Domain Survey Host Count”; Disponível em: <<http://www.isc.org/ds/hosts.html>>; Acesso em: 23 de julho de 2003.

42 “Hobbes’ Internet Timeline v6.1”; Disponível em: <<http://www.zakon.org/robert/internet/timeline/>>; Acesso em: 23 de julho de 2003.

43 “Internet e seus serviços disponíveis”; Disponível em: <<http://www.ceset.unicamp.br/servicos/internet.htm>>; Acesso em: 23 de julho de 2003.

44 “GNU-FSW”; Disponível em: <<http://www.gnu.org/philosophy/free-sw.pt.html>>; Acesso em: 23 de julho de 2003.

45 CHERMANN, Maurício; BONINI, Luci Mendes. “Educação à Distância – Novas Tecnologias em ambientes de aprendizagem pela Internet”, Mogi das Cruzes, 2000.

46 LANDIM, Cláudia Maria das Mercês Paes Ferreira. “Educação à Distância: algumas considerações”, Rio de Janeiro, 1997.

47 “Sobre a Educação à Distância”; Disponível em: <<http://www.unp.br/campusvirtual/eadcorrespaead.asp>>; Acesso em: 23 de julho de 2003.

48 “Educação à Distância: Retrospectiva Histórica”; Disponível em: <<http://www.arquiteturadigital.com.br/historiaEAD.php>>; Acesso em: 23 de julho de 2003.

49 MARTINS, J.G.; MOÇO, S.S.; RODRIGUEZ, A.M.; BARCIA, R.M. “A transformação do ensino através do uso de tecnologia na educação” VII Workshop de Educação em Computação / XIX Congresso Nacional da Sociedade Brasileira de Computação, Rio de Janeiro, 1999. (páginas 571-579)

50 “Conceito sobre Educação à Distância” (Vide M.L.Ochoa); Disponível em: <http://www.ufpel.tche.br/crm/multirao/text_ead_conceitos.htm>; Acesso em: 20 de junho de 2003.

51 FRIEDEN, Sandra. “Support Services for Distance Education”, IEEE Educational Technology & Society 2 (3), ISSN 1436-4522, 1999.
http://ifets.ieee.org/periodical/vol_3_99/frieden.html

52 LEVY, Pierre. “Cibercultura”, Editora 34, São Paulo, 1999.
<http://www.cgustavo.hpg.ig.com.br/edutec/livrosdelevy.html>

53 RIORDAN, M.; HODDESON, L.; “Birth of an era”; The solid-state century, Scientific American; Vol. 8 Nº 1, Special Issue, (1997).

54 “History of the Transistor”; Disponível em: <<http://www.sjsu.edu/faculty/watkins/transist.htm>>; Acesso em: 23 de julho de 2003.

55 “Transistor Photo”; Disponível em: <<http://www.bell-labs.com/about/history/physicscomm/transistor.html>>; Acesso em: 23 de julho de 2003.

56 “Timeline: 1940 – 1947”; Disponível em: <<http://www.bell-labs.com/org/physicalsciences/timeline/span7.html>>; Acesso em: 23 de julho de 2003.

57 “A history of innovation: 1958”; Disponível em: <http://www.fairchildsemi.com/company/history_1958.html>; Acesso em: 23 de julho de 2003.

58 SWART, Jacobus W. “Oficina de microfabricação”, Capítulo 1 páginas 13-17.

59 “International Technology Roadmap for Semiconductors”; Disponível em: <<http://public.itrs.net/Files/2002Update/2002Update.pdf>>; Acesso em: 23 de julho de 2003.

60 SWART, Jacobus W. “Oficina de microfabricação”, Capítulo 16.

61 KERN, W. and POUTINEN; “RCA” Rev.31 p.187, (1970).

62 WOLF, Stanley; TAUBER, Richard N.; “Silicon Processing for The VLSI Era” volume 1: Process technology; Califórnia: Lattice Press, 1986. Pág. 476-489

63 MALEK, C. K.; “Introdução à microlitografia e sua aplicação à microeletrônica”; Workshop Alta Integração em Microeletrônica; Paris: LMM, CNRS.

64 GHANDHI, Sorab K. “VLSI Fabrication Principles”; Canada: Wiley-Interscience, 1983. Pag 475-516

65 SZE, M. S.; “VLSI Technology”; McGraw-Hill CO; 1984.

66 VOSEN, J.L.; KERN, W.; “Thin Film Processes”; Academia Press INC; 1978.

67 “Linguagem de programação Delphi”; Disponível em: <<http://www.borland.com/delphi/>>; Acesso em: 23 de julho de 2003.

68 “Linguagem de programação Kylix”; Disponível em: <<http://www.borland.com/kylix/>>; Acesso em: 23 de julho de 2003.

69 “History of ARPANET”; Disponível em: <<http://www.dei.isep.ipp.pt/docs/arpa--1.html>>; Acesso em: 23 de julho de 2003.

70 “A origem da Internet”; Disponível em: <<http://www.numaboa.com.br/informatica/internet/web/index.php>>; Acesso em: 23 de julho de 2003.

71 SILVA, Luis A.P. da; CHIOZZOTTO, Mauro. “TCP/IP – Tecnologia e Implementação”, São Paulo: Érica, 1999.

72 “Computer History Museum Online Exhibits”; Disponível em: <http://www.computerhistory.org/exhibits/internet_history/>; Acesso em: 23 de julho de 2003.

73 “NOVELL: Mundial”; Disponível em: <<http://www.novell.com>>; Acesso em: 23 de julho de 2003.

74 “Licença GNU/GPL”; Disponível em: <<http://www.gnu.org/licenses/gpl.txt>>; Acesso em: 23 de julho de 2003.

75 “GNU”; Disponível em: <<http://www.gnu.org>>; Acesso em: 23 de julho de 2003.

76 “Associação Brasileira de Normas Técnicas” (SP: ABNT, 2002); Disponível em: <<http://www.abnt.org.br>>; Acesso em: 23 de julho de 2003.

Outras Referências

CAMPBELL, Stephen A. "The science and engineering of microelectronic fabrication"; New York: Oxford University Press, 1996.

COAD, P. e YOURDON, E.; "Análise Baseada em Objetos"; São Paulo: Campus, 1992.

COMER, Douglas E.; STEVENS, David L.; "Interligação de redes com TCP/IP"; 01/1999, ISBN: 85-352-0395-8.

GHANDI, Sorab Khushro; "VLSI fabrication principles"; New York: Wiley-Interscience, 1983.

KAMINS, T.I. "Polycrystalline Silicon for Integrated Circuit and Displays"; Kluwer Academic Publishers, 2ª edição, 1998.

MADOU, Marc; "Fundamentals of microfabrication", CRC, 1997.

MAMMANA, C.I.Z.; MAMMANA, A.P.; "Introdução ao projeto de circuitos integrados"; Buenos Aires: Kapelusz, 1987.

MARTIN, J.; ODELL, J. J.; "Análise e Projeto Orientados a Objeto"; tradução José Carlos Barbosa do Santos; São Paulo: MaKroom books, 1995.

NAUGHTON, P.; "Dominando JAVA"; São Paulo: Makron Books, 1996.

PIERSON, Hugh O.; "Handbook of Chemical Vapor Deposition (CVD) – Principles, Technology and Applications"; New Jersey: Noyes Publications, 1992.

PLUMMER, J.D.; DEAL, M.D.; GRIFFIN, P.B.; "Silicon VLSI Technology - Fundamentals, Practice and Modeling"; Prentice Hall, New Jersey, 2000.

PRESSMAN, R.; "Engenharia de Software" tradução de José Carlos B. dos Santos; São Paulo: MaKron books, 1995.

RUSTY, H. E.; "Brewing Java: A Tutorial"; Disponível em: <<http://sunsite.unc.edu/javafaq/javatutorial.html>>; Acesso em: 23 de julho de 2003.

SHERMAN, Artur; "Chemical Vapor Deposition for Microelectronics – Principles, Technology and Applications"; NP; New Jersey: Noyes Publications, 1987.

STEVENS, D.L.; COMER, D.E.; "Interligação de redes com TCP/IP", 1999.

TITLEL, E.; GAITHER, M.; "60 minutos para aprender JAVA"; São Paulo: Berkeley Brasil, 1996.

VOSSEN, John L.; KERN, Werner; "Thin film processes"; San Diego: Academic Press, 1978.

WOLF, S.;TAUBER, R.N.;"Silicon Processing for the VLSI Era - Volume 1: Process Technology", Lattice Press, Califórnia, 1987.

"Departamento de Engenharia de Informática do Porto"; Disponível em: <<http://www.dei.isep.ipp.pt/>>; Acesso em: 23 de julho de 2003.

Glossário

ASP: *Active Server Pages* é um ambiente para programação por scripts no servidor, desenvolvida pela Microsoft. É usado para criar páginas dinâmicas, interativas e de alta performance. O próprio servidor transforma os scripts em HTML padrão, fazendo com que qualquer navegador faça sua leitura.

assembly ou linguagem simbólica: é a expressão utilizada para referenciar um programa que transforma o código que o programador escreve em instruções mnemônicas para um código binário que o computador passa a interpretar e/ou executar.

bit: é a abreviação de *binary digit*, a menor unidade de informação digital. O zero ou o um do sistema binário de numeração. No processamento e armazenamento de dados, um bit é a menor unidade de informação tratada pelo computador, sendo representada fisicamente por um elemento específico: um pulso isolado enviado através de um circuito, ou um pequeno ponto num disco magnético, capaz de conter um zero ou um. Isoladamente um bit não fornece nenhuma informação que um ser humano possa considerar significativa. Em grupo de oito, os bits se tornam bytes, que são a forma mais conhecida de representação de todos os tipos de informação no computador, inclusive as letras e números.

byte: é a abreviação de *binary term*, que equivale a 8 bits. Esse conjunto de bits representa letras, números ou símbolos em um computador.

chip: *Circuit in High Integration Process*; circuito miniaturizado construído em material semicondutor, normalmente silício. Também é conhecido como circuito integrado.

código binário: é um sistema de numeração composto apenas por dois algarismos “0” ou “1”. Cada algarismo é chamado de *bit* e a seqüência de oito algarismos zeros e uns (ausência / presença de sinais elétricos em um equipamento eletrônico ou desligado /

ligado) compõe um byte, que representa um caractere (ex: 01000001 equivale a letra “A”).

cookie: é uma pequena quantidade de informação em formato textual que um servidor de Internet manda para o computador dos usuários via navegador. Os cookies contêm informações como nome de usuário, registro de compras, preferências, entre outros dados que podem transitar numa mesma página.

CSS: Cascading Style Sheet é uma maneira fácil de permitir aos autores e leitores a definição de estilos (cores, espaçamento e fontes) em documentos HTML.

daemon: é um servidor de um dado serviço específico, como por exemplo: FTPd, HTTPd, entre outros.

DeCSS: é um sistema para decodificação de criptografia utilizada em DVD.

download: é a transferência (cópia) de um arquivo de outro computador (servidor) conectado em rede (Internet) para o seu computador.

drivers de dispositivo: *device drivers* são programas que gerenciam o funcionamento de periféricos.

e-mail: electronic mail. O correio eletrônico é o endereço de um usuário para troca de mensagens via Internet. É composto por nome_do_usuario @ provedor .finalidade .localidade

emoticon: ou *smiley* são pequenos conjuntos de caracteres ASCII que pretendem transmitir uma emoção ou estado de espírito. Para visualizá-lo, gire a folha 90 graus para a direita ou incline a cabeça para esquerda. São as conhecidas “carinhas” utilizadas em salas de bate-papo, como estas por exemplo: :-) ou :) , :-(ou :(entre outras.

login: é o processo de identificação de um usuário no computador. Em ambientes UNIX refere-se apenas ao nome do usuário necessário para acessar o sistema.

gigabit: grandeza que equivale a quantidade de 1.073.741.824 bits.

gigabyte: equivale a 1024 megabytes.

hipertexto: diz respeito ao modo de leitura e escrita utilizado para organizar informações inter-relacionadas. Foi criado por Ted Nelson em 1965, definindo um novo modo de produzir textos, onde não existe o conceito de página seguinte ou linearidade na leitura

IPv4: IP versão 4, possui 4 conjuntos numéricos para endereçamento de computadores (entre 0 e 255). Ex: 255.255.255.255.

IPv6: IP versão 6, é a ampliação do IPv4, com 6 conjuntos numéricos para endereçamento de computadores. Ex: 255.255.255.255.255.255. Isto prevê endereços suficientes para oferecer um número para cada residência com acesso a Internet.

java: é uma linguagem de programação orientada a objetos, projetada e desenvolvida pela Sun Microsystems. Tem como objetivo ser pequena, simples e portátil à todas as plataformas.

javascript: é uma linguagem compacta baseada em objetos script, utilizada para o desenvolvimento de aplicações para Internet.

kilobyte: equivale a 1024 bytes.

Macintosh: é uma marca registrada pela Apple Computer para venda de seus computadores.

mainframe: é um computador de grande porte e desempenho, normalmente utilizados por grandes empresas que necessitam de maior capacidade no processamento de dados.

megabyte: equivale a 1024 kilobytes

multiusuário: termo empregado para indicar que um computador permite acesso simultâneo a vários usuários.

napster: surgiu como um programa para compartilhamento de músicas p2p na Internet. Atualmente oferece o mesmo serviço, mas com custeio de assinatura mensal para acesso sob demanda.

online: em linha, ou seja, conectado ou operante em tempo real.

p2p: *peer to peer*, faz referência a uma rede ponto a ponto.

packet switching: é a comutação de pacotes, ou seja, envio e recebimento de pacotes (fragmentos de informação) através de uma rede.

PCMCIA: sigla em inglês para Associação Internacional de Cartões de Memória de Computadores Pessoais (PCMCIA) é um padrão sem fins lucrativos com o objetivo de estabelecer, comercializar e manter padrões para cartões de PC de circuito integrado com as dimensões de um cartão de crédito.

provedor: é também referenciado como provedor de acesso e significa a empresa que possibilita o acesso à Internet. Por esse serviço o usuário paga uma mensalidade e recebe uma senha para conexão.

protocolo: é um conjunto de regras padronizadas que especificam o formato, a sincronização, a seqüência e a verificação de erros em comunicação de dados. Dois ou mais computadores devem usar o mesmo protocolo para poderem trocar informações. Atualmente, o protocolo mais utilizado é o TCP/IP.

rede: conjunto de Computadores (desde pequeno até grande porte), que se interligam por meio físico e lógico. Cada computador da rede é denominado "nó" da rede. A ligação por meio físico é feita através de cabos (par trançado, coaxial, fibra ótica, entre outros), conectores e equipamentos de retransmissão. No nível lógico, a conexão é feita por meio de protocolos de comunicação.

RFC: *request for comments* constituem uma série de documentos editados desde 1969 e que descrevem aspectos relacionados com a Internet, como padrões, protocolos, serviços, recomendações operacionais, entre outros.

semicondutor: é o material com propriedades elétricas intermediárias aos isolantes e aos condutores (metais).

string: é a seqüência de caracteres utilizados para compor uma ou mais palavras.

telnet: é uma ferramenta que permite uma conexão entre duas máquinas, através da visualização de informações somente no formato de texto. É inseguro utilizar esta ferramenta pois os dados trafegam em formato de texto puro, inclusive nome de usuário e senha utilizados.

terabit: equivale a 1024 gigabits.

terabyte: equivale a 1024 gigabytes.

usenet: é um sistema mundial de discussão. Consiste em uma série de grupos de discussão nomeados e classificados hierarquicamente por tema. Artigos ou mensagens

são enviados para esses grupos de discussão por pessoas com computadores e softwares apropriados -estes artigos são então distribuídos para sistemas de computadores interconectados por uma rede.

web: Recurso ou serviço oferecido na *Internet* (rede mundial de computadores), e que consiste num sistema distribuído de acesso a informações, as quais são apresentadas na forma de hipertexto, com elos entre documentos e outros objetos (menus, índices), localizados em pontos diversos da rede (WWW).

Apêndice A – Internet

A história da Internet tem origem na Califórnia, em 1969 (durante a guerra fria entre EUA e URSS) com a ARPANET, originada da ARPA (atual DARPA) (69), agência de Projetos e Pesquisas Avançadas do Departamento de Defesa dos EUA, pioneira nas pesquisas de redes de comutação de pacotes (*packet switching*). O departamento de defesa estudava uma maneira de proteger os importantes dados militares em caso de ataque inimigo, replicando as informações em diversos locais além de atualizar os dados no menor espaço de tempo possível, garantindo o funcionamento dos computadores mesmo com alguma perda do sistema.

A agência começou a estimular pesquisas sobre redes de computadores no final da década de 60 através de contratos com os departamentos de computação de várias universidades americanas, assim como com umas poucas corporações privadas. O objetivo da rede era permitir que engenheiros e cientistas que trabalhavam em projetos militares, pudessem compartilhar computadores de grande porte (*mainframes* de altíssimo custo) além de outros recursos e, onde a preocupação era evitar que qualquer computador da rede, mesmo que desconectado, mantivesse a estabilidade de todo o sistema restante. O passo seguinte foi o desenvolvimento do correio eletrônico (*e-mail*) que possibilitou o intercâmbio de informações rapidamente, transformando a rede num novo canal de comunicação.

Em dezembro de 1969 essa pesquisa levou a uma rede experimental com quatro nós que entrou no ar e tem estado em operação desde então, tendo subsequentemente crescido para diversas centenas de computadores espalhados pelo mundo.

A primeira mensagem enviada na ancestral da Internet não foi integralmente transmitida pois o sistema caiu durante a transmissão (o que nos pode parecer familiar em relação às conexões discadas atuais). Em 29 de outubro de 1969, o professor Leonard Kleinrock, inventor dos princípios básicos da comunicação utilizando comutação de pacotes de dados (uma das bases da Internet), supervisionava a operação na Universidade da Califórnia em Los Angeles (UCLA) - onde, no dia 2 de setembro havia sido ligado o primeiro nó da ARPANET, embrião da Internet de hoje.

Durante os primeiros testes, o objetivo era mandar uma mensagem do computador da UCLA para o instituto de Pesquisa de Stanford (SRI), onde estava sendo ligado o segundo nó da rede. Tentou-se enviar a palavra *login* (registro, conexão), mas a conexão caiu antes do recebimento da letra “g”. Após a reconexão, o envio da palavra foi concluído com sucesso. Muito do conhecimento atual sobre redes é um resultado direto do projeto ARPANET.

No início da década de 1970 os cientistas já podiam obter dados sobre resultados de pesquisa realizadas em outras instituições, além de divulgar seus próprios dados. Em 1973, as primeiras conexões internacionais foram estabelecidas integrando à rede as universidades da Inglaterra e da Noruega (70).

No início da década de 1980 a Fundação Nacional da Ciência (NSF), outro órgão do governo dos EUA teve participação muito importante na organização e interligação dos centros de computação científicos importantes, e o aumento do número de computadores conectados a rede já crescia muito. Após a tecnologia da ARPANET ter sido revelada confiável, foi necessário separar o público civil da atividade militar, formando-se então a MILNET, por volta de 1983. Também foi criada na Europa uma extensão da MILNET, chamada MINET. A MILNET e a MINET foram ligadas a ARPANET, mas o tráfego entre as partes é fortemente controlado. Duas redes por satélite, a SATNET e WIDEBAND, também foram ligadas posteriormente. Dado que muitas das universidades e empreiteiras do governo na ARPANET possuem suas próprias redes locais, eventualmente também estas foram conectadas aos IMPs (71), levando à ARPA Internet (inter rede ARPA), com milhares de estações e bem mais de 100.000 usuários.

Em 1984 a NFS estabelece sua rede, a NSFNET. Essa foi a solução encontrada para ligar cinco centros de supercomputadores e fazer com que a informação fosse acessível, com facilidade, por quem dela necessitasse. Logo o sistema foi aberto a instituições educacionais, empregados do governo e órgãos de pesquisa.

O protocolo de transporte da ARPANET era um protocolo baseado em conexões, chamado TCP. Por volta de 1980, a DARPA apresentou uma arquitetura de rede e um conjunto de protocolos oficialmente chamado TCP/IP (36,69-72) (os nomes dos seus dois principais protocolos utilizados). Este conjunto de protocolos serviu como base

para o desenvolvimento de outros protocolos que juntos definem detalhes de como computadores devem ser interligados, além de uma série de convenções para interconexão de redes e roteamento de tráfego. O Departamento de Defesa, juntamente com outros órgãos do governo dos EUA, passou a exigir esse padrão como obrigatório para comunicação entre seus diversos sistemas. Isso fez com que os fabricantes implementassem essa arquitetura de comunicação em seus equipamentos, para que pudessem ser oferecidos ao governo norte americano (na época um dos maiores consumidores de equipamentos de informática).

O protocolo TCP/IP vem sendo utilizado em todo o mundo, interligando a maioria das instituições de pesquisa como universidades, corporações e laboratórios governamentais. Oferece a seus usuários serviços como correio eletrônico, transferência de arquivos, acesso remoto, entre outros, além de fornecer um ambiente propício ao desenvolvimento de aplicações distribuídas.

Os serviços disponíveis na Internet são: SMTP ou simplesmente correio eletrônico, Grupo de notícias (*newsgroups*), FTP, WWW que é um sistema de hipertexto (páginas html), TELNET (Acesso Remoto) entre outros. Um servidor de nomes (DNS), por exemplo, é um esquema de gerenciamento de nomes, hierárquico e distribuído, definindo regras para delegação de autoridade na definição de nomes, ou seja, associa nomes e atributos (o endereço IP é um deles).

Infra-estrutura e aspectos comerciais

Simplificadamente podemos dizer que a Internet é mantida por três elementos básicos: os provedores de *backbones* (coluna dorsal), os provedores locais de serviço e os usuários finais.

Backbone é uma rede com capacidade para transmitir grandes volumes de dados, podendo ter abrangência nacional, regional ou estadual que podem ser próprios ou alugados de empresas de telecomunicações. A porção principal da Internet encontra-se nos EUA, sendo mantido por empresas provedoras de acesso como AOL, Sprint e MCI. Outras empresas mantêm *backbones* de menor porte no mundo, os quais

se encontram conectados ao principal, sendo que os acessos derivados da porção principal da rede pagam por estas conexões.

Um provedor local de serviço, por sua vez, paga para conectar seu computador a um *backbone*, transformando-se em nó da rede. Como todas as ligações entre as redes são dedicadas, forma-se uma grande rede permanente disponível.

Já os usuários finais realizarão suas conexões aos provedores através de acesso discado utilizando uma linha telefônica com um modem para acessar a Internet.

Com relação aos custos, este é fragmentado conforme as ligações realizadas entre *backbones*, provedores e usuários onde o usuário final efetua o pagamento de uma parcela dos custos de manutenção dos serviços oferecidos pelo provedor. Por sua vez, o provedor realiza o pagamentos da locação do link com o *backbone* e assim sucessivamente.

A usenet

Os grupos de discussão tiveram como fator propulsor a troca de informações e anúncios utilizados inicialmente por estudantes universitários que tinham acesso as redes de computadores científicas. Assim como os quadros de aviso e murais de notícias na universidade os usuários deste serviço trocavam mensagens.

É formada por mais de 16.000 grupos que abordam todos os assuntos imagináveis e até alguns inimagináveis. Para utilizar tal serviço basta apenas escolher um tópico desejado num provedor e baixar as mensagens de interesse pessoal ou postar novas mensagens.

A Internet no Brasil

Um dos marcos da Internet brasileira data de 1991, quando a FAPESP conseguiu estabelecer sua primeira conexão à rede mundial com protocolo IP, porém, bem antes disso, a Internet era uma rede de pesquisa entre universidades - algo estritamente acadêmico.

Em 1987, ano em que os primeiros BBSs começaram a surgir, pesquisadores e técnicos da Embratel se reuniram na USP para discutir a montagem de uma rede que interligasse universidades brasileiras e internacionais.

Não se falava em Internet, mas sim em BITNET - uma rede de *mainframes* que trocava mensagens eletrônicas - e em NSFNET - rede que usava protocolos TCP/IP e que permitia, por exemplo, a transferência de arquivos (FTP). Mais tarde, ela se tornou o que conhecemos hoje como Internet.

Em 1988, o Laboratório Nacional de Computação Científica (LNCC), no Rio de Janeiro, fez a primeira conexão brasileira com uma BITNET americana: ligou-se à Universidade de Maryland, nos EUA. Logo depois, a FAPESP conectou-se ao Fermi National Laboratory (Fermilab), em Chicago.

Com o sucesso das conexões em BITNET, surgiu a necessidade de coordenar a infra-estrutura das redes acadêmicas de computadores - interligando centros federais e estaduais e dessa forma foi criada em 1989 a RNP (Rede Nacional de Pesquisa).

Domínios

Depois de conseguir a primeira conexão à Internet em 1991, a FAPESP passou a ser a regulamentadora da Internet brasileira. Até hoje, ela administra os domínios (nomes para os endereços eletrônicos) e a terminação “.br”.

Em 1995, passou a dividir seu poder com o Comitê Gestor da Internet do Brasil.

Cronologia da Internet

Tabela A1 – Cronologia da Internet

1957	• Fundada a ARPA para desenvolvimento de novas tecnologias;
1963	• Ted Nelson cria o termo hipertexto (<i>hypertext</i>);

(continua)

Tabela A1 – Cronologia da Internet (continuação)

1964	<ul style="list-style-type: none"> • Paul Baran publica artigo descrevendo as redes de pacotes comutados; • Thomas Merrill e Lawrence Roberts implementam a primeira WAN entre “MIT’s Lincoln Lab TX-2” e o “System Development Corporation’s Q-32” na Califórnia;
1967	<ul style="list-style-type: none"> • Larry Roberts sugere a idéia de criar equipamentos dedicados para executar funções de rede (IMPs);
1968	<ul style="list-style-type: none"> • Início da primeira geração de computadores e programas para redes; • Testada a primeira WAN com comutação de pacotes;
1969	<ul style="list-style-type: none"> • O departamento de Defesa dos EUA contrata time de executivos, acadêmicos e pesquisadores do governo para colaborar com a ARPANET; • Quatro locais escolhidos como primeiros sites da ARPANET: UCLA, SRI, UCSB e Universidade de Utah;
1970	<ul style="list-style-type: none"> • Criação do protocolo NCP, precursor do TCP;
1971	<ul style="list-style-type: none"> • Ray Tomlinson, cientista do BBN (http://www.bbn.com) define o símbolo @ como separador entre o nome do usuário e o nome da estação; • Criados os serviços de FTP e TELNET;
1972	<ul style="list-style-type: none"> • Computadores estão conectados a cerca de duas dezenas de páginas na rede, incluindo a Universidade <i>Harvard</i> e o MIT; • Ray Tomlinson cria o primeiro programa para troca de e-mails entre computadores;
1973	<ul style="list-style-type: none"> • Demonstração Pública da ARPANET em conferência de comunicação de computadores em Washington; • Primeira conexão internacional da ARPANET com a Inglaterra e Noruega;
1974	<ul style="list-style-type: none"> • Vinton Cerf e Robert Kahn definem os protocolos TCP e IP como a linguagem comum entre computadores de rede;

(continua)

Tabela A1 – Cronologia da Internet (continuação)

1975	<ul style="list-style-type: none"> • John Vittal desenvolve o MSG, primeiro programa de e-mail que permite encaminhar mensagens (forward); • A ARPANET é transferida para DARPA;
1976	<ul style="list-style-type: none"> • Mike Lesk desenvolve programa que permite que duas máquinas, com sistema UNIX, se comuniquem por meio de modem e linha telefônica; • AT&T Bell Labs desenvolve o UUCP (Unix to Unix CoPy);
1977	<ul style="list-style-type: none"> • Correio eletrônico é fornecido a mais de cem pesquisadores de ciência da computação;
1978	<ul style="list-style-type: none"> • Vinton Cerf e Steve Crocker criam plano para separar as funções dos protocolos TCP e IP;
1979	<ul style="list-style-type: none"> • Especialistas da Universidade Duke estabelecem os primeiros grupos de discussão da USENET; • Enviado o primeiro EMOTICON [:-)]; • Compuserve, primeiro serviço de Informação online, inicia suas operações com 1200 assinantes;
1980	<ul style="list-style-type: none"> • DARPA decide não tratar os protocolos TCP/IP como Segredos militares e os abre a todos os interessados, gratuitamente;
1981	<ul style="list-style-type: none"> • ARPANET tem 213 servidores;
1982	<ul style="list-style-type: none"> • Departamento de Defesa dos EUA decide construir rede baseada na tecnologia da ARPANET;
1983	<ul style="list-style-type: none"> • ARPANET se divide em ARPANET e MILNET (rede civil e militar, respectivamente);
1984	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de Domínios (DNS) é introduzido; • Passa de mil o número de servidores da Internet; • Willian Gibson introduz o termo ciberespaço no romance “Neuromancer”;

(continua)

Tabela A1 – Cronologia da Internet (continuação)

1985	<ul style="list-style-type: none"> • símbolo “.com” é o primeiro domínio a ser registrado; • Depois viriam o “.edu” e o “.gov”; • Fundada a AOL, hoje a maior provedora de acesso à Internet; • O número de computadores conectados à Internet ultrapassa 5000; • NSF implementa a NSFNET;
1986	<ul style="list-style-type: none"> • A NSFNET cria um backbone de 56kbps (kilobits por segundo);
1987	<ul style="list-style-type: none"> • Número de servidores supera os 28 mil; • Estabelecido o primeiro link de e-mail entre Alemanha e China; • Na USP é realizada reunião entre pesquisadores de todo o país para estabelecer uma rede nacional para fins acadêmicos com compartilhamento de acesso a redes internacionais;
1988	<ul style="list-style-type: none"> • Estudante universitário lança o programa de vírus Internet Worm, paralisando temporariamente 6.000 dos 60 mil servidores conectados a rede; • Jarkko Oikarinen escreve o IRC (Internet Relay Chat); • Instalado o primeiro cabo de fibra ótica transatlântico entre América do Norte e Europa; • O laboratório nacional de computação científica (LNCC) no Rio de Janeiro consegue acesso à BITNET;
1989	<ul style="list-style-type: none"> • Servidores ultrapassam a marca de 100 mil; • Tim Berners-Lee começa a desenvolver o projeto WWW, concluído um ano mais tarde, permite trocar informações com textos e imagens; • Criação da RNP, projeto voltado para coordenar e gerenciar a rede acadêmica brasileira;

(continua)

Tabela A1 – Cronologia da Internet (continuação)

1990	<ul style="list-style-type: none"> • Deixa de existir a ARPANET; • Eletronic Frontier Foundation é criada por Mitch Kapor; • World é o primeiro provedor comercial de acesso discado à Internet; • Universidade de Minessota cria o navegador Gopher, que permite que internautas surfem pela rede; • CERN lança a WWW; • Tim Berners-Lee lança o primeiro software para WWW; • É criada a linguagem HTML;
1991	<ul style="list-style-type: none"> • É inventado o WAIS (Wide Area Information Servers); • FAPESP possui conexão de 9600 bps e começa a transportar tráfego IP além de DECNET e BITNET, sendo a primeira conexão de Internet no Brasil. Desde então encarregou-se de administrar o domínio “.br” e a distribuição de IPs em todo o país;
1992	<ul style="list-style-type: none"> • Mais de 1 milhão de servidores estão conectados à Internet; • Criação da Internet Society, com Vinton Cerf na presidência; • Instalação do primeiro backbone brasileiro. Algumas organizações governamentais como o Ibase, também passam a ter acesso à Internet; • ALTERNEX é o primeiro serviço de rede fora da comunidade acadêmica a oferecer os serviços de Internet no Brasil;
1993	<ul style="list-style-type: none"> • Marc Andreessen desenvolve o Mosaic, navegador que permite ver textos, imagens e áudio na WWW. Em um ano, mais de um milhão de cópias estavam em uso. WWW prolifera um crescimento anual de 341,6%; • Mais de 100 países estão conectados à Internet; • Primeira conexão de 64kbps a longa distância entre São Paulo e Porto Alegre;

(continua)

Tabela A1 – Cronologia da Internet (continuação)

1994	<ul style="list-style-type: none"> • ARPANET celebra seu 25º aniversário, com mais de 3 milhões de servidores conectados; • Mark Andreessen e Jim Clark fundam a Netscape Communications e lançam a primeira versão do browser Netscape Navigator; • Programa de buscas Yahoo! é criado por Jerry Yang e David Filo, na Universidade Stanford; • Fundado o primeiro banco virtual;
1995	<ul style="list-style-type: none"> • Bill Gates entra na indústria da Internet com o Microsoft Internet Explorer; • Provedores de BBS com conexão discada (AOL e Prodigy) passam a oferecer acesso à Internet; • Vaticano estréia site na Internet: http://www.vatican.va • Real Áudio permite escutar áudio em tempo real na Internet; • Criação do Comitê Gestor da Internet, com o objetivo de acompanhar e coordenar o crescimento da rede no Brasil; • Número de estações conectadas à Internet ultrapassa 4 milhões; • Apesar de constatado mercado promissor, Embratel e o Ministério das Comunicações não facilitam as iniciativas dos provedores privados;
1996	<ul style="list-style-type: none"> • Cerca de 80 milhões de pessoas acessam a Internet, em aproximadamente 150 países; • Número de servidores conectados chega aos 10 milhões; número de páginas disponíveis duplica a cada mês; • Telefones via Internet chamam a atenção das empresas de telecomunicações, nos EUA, que pedem que a tecnologia seja banida; • Inaugurada a rede MSNBC (Microsoft e TV NBC); • MCI aumenta seu backbone para 622Mbps; • O provedor BOL (futura UOL) começa a vender assinaturas para acesso à Internet;

(continua)

Tabela A1 – Cronologia da Internet (continuação)

1997	<ul style="list-style-type: none"> • A controvertida Lei da Decência nas Comunicações norte-americana proíbe a distribuição de materiais indecentes pela Internet. A Suprema Corte declara a lei inconstitucional neste ano; • Servidores ultrapassam a marca dos 19 milhões em todo o mundo; • Microsoft lança a versão 4.0 do navegador Explorer e inclui programa em seu sistema operacional; • Netscape anuncia versão 4.0 de seu navegador, o Netscape Navigator. • Governo e Estados norte americanos processam Microsoft por monopólio;
1998	<ul style="list-style-type: none"> • América Online (AOL) chega a 12 milhões de internautas; • AOL adquire Netscape; • O Departamento de Comércio dos Estados Unidos (DoC) lança o <i>Green Paper</i> delineando seu plano de privatizar o DNS; • Selos postais eletrônicos tornam-se uma realidade, com o Serviço Postal dos EUA permitindo que selos sejam comprados, baixados da Web e impressos;
1999	<ul style="list-style-type: none"> • Netscape Communicator 4.7 é lançado; • Linux é sucesso como sistema operacional; • Microsoft disponibiliza a versão 5.0 do navegador Explorer; é condenada por monopólio pelo governo norte americano; • IBM adere a parceria para acesso à Internet2; • Primeira guerra cibernética de larga escala acontece simultaneamente a guerra em Kosovo (Sérvia); • MP3 é a tecnologia do ano; • Yahoo!Brasil é lançado;

(continua)

Tabela A1 – Cronologia da Internet (continuação)

2000	<ul style="list-style-type: none"> • Segundo Vinton Cerf, haverá mais de 180 milhões de computadores ou 700 milhões de usuários, ligados à Web; • O tamanho da web estimado pela NEC-RI e Inktomi ultrapassa um bilhão de páginas indexáveis; • Ataque a RSA Security; • Ataque massivo de DoS contra Yahoo, Amazon e eBay em fevereiro; • RFC 2795: <i>The Infinite Monkey Protocol Suite</i> • IPv6, dispositivos wireless, ASP, DeCSS e o Napster são destaques do ano;
2001	<ul style="list-style-type: none"> • Real Madri registra o primeiro domínio com acento; • Foi iniciada nos EUA a perseguição das empresas que recolhem dados pessoais relativos aos consumidores por motivos falsos; • Internet2 é oferecida para escolas em cinco estados norte americanos (Michigan, Missouri, Oregon, Virginia e Washington); • Processo contra o Napster em relação a direitos autorais de músicas; • No Brasil o número de internautas chega a 11 milhões; • Rede RNP2 é conectada a Internet2 a 45Mbps; • Problemas de segurança nos computadores causados pelo vírus Sircam, Nimda e Code Red worm; • Criadas RFC 3093: Firewall Enhancement Protocol (FEP);
2002	<ul style="list-style-type: none"> • Global Terabit Research Network (GTRN) é formada por dois nós da Internet2 (Canarie e Géant). • IPv6 é definido como protocolo padrão no <i>backbone</i> da Abilene (Internet2). • Ataque de DDoS (<i>distributed denial of service</i>) derruba 13 servidores de DNS. • RFC 3251: Eletricidade sobre IP. • RFC 3252: Binary Lexical Octet Ad-hoc Transport.

(continua)

Tabela A1 – Cronologia da Internet (continuação)

2003	<ul style="list-style-type: none"> • worm SQL Slammer causa um dos maiores DDoS já registrados. Em dez minutos espalhou-se mundialmente e derrubou 5 servidores de DNS; • RFC 3514: The Security Flag in the IPv4 Header (The Evil Bit); • Após perder diversas causas RIAA envia mensagens de advertência para usuários do Kazaa sobre direitos autorais e pirataria; • Vírus “Fizzer” espalha-se através da rede Kazaa (P2P) e e-mail.
------	--

(conclusão)

Apêndice B – PCs e redes de computadores

No início da década de 1980, os computadores padrão IBM PC tornaram-se acessíveis aos usuários domésticos. No mesmo período, Bill Gates já sabia que a rede era o segredo para dominar o mercado de computadores. Assim, em 15 de abril de 1985, a Microsoft lançou seu primeiro produto de rede, uma ferramenta chamada MS-NET, e seu sistema operacional acompanhante, o DOS 3.11.

A maioria das pessoas conhecia o novo DOS e estava perplexa com sua aparente falta de novos recursos. Entretanto, ele apresentava mudanças arquitetônicas, que o tornavam um pouco mais conveniente à idéia de redes.

A Microsoft não era suficientemente grande naquela época para criar muita agitação em torno do novo sistema operacional de rede e por isso deixaram que outros vendessem seu produto, que foi comercializado na forma de IBM PC NSP (*network Support Program*); a IBM o aceitou como um pouco mais do que um software para acompanhar suas placas de rede local PC Network e, posteriormente, suas placas *Token Ring*. O software servidor era baseado no DOS, oferecia segurança mínima e funcionava muito mal, longe do que era oferecido por sistemas operacionais mais avançados como o VMS e o UNIX. Mas o software teve dois efeitos principais sobre o mercado.

Primeiramente, o fato de a IBM ter vendido um produto de rede local legitimou a indústria como um todo. A IBM tornou possível para outros sobreviver vendendo produtos de rede. E isso levou ao segundo efeito: o crescimento da Novell (73). Uma vez legitimada a idéia de rede local, a maioria das empresas respondeu adquirindo o sistema operacional de LAN que oferecia o máximo pelo preço cobrado. Essa era uma decisão fácil: o Netware. Nos primeiros dias das redes, a Novell se estabeleceu como a líder em desempenho. Com o Novell Netware era possível atender com eficiência cerca de duas vezes mais estações de trabalho comparando-se com os produtos MS-NET. Assim, a Novell prosperou.

Entretanto, à medida que o tempo passou, a Microsoft construiu produtos de rede melhores. A 3Com, querendo oferecer um produto compatível com o software IBM PC Network, licenciou o MS-NET e revendeu como seu software "3+". Entretanto, a 3Com

sabia muito pouco sobre redes e reconheceu as limitações do MS-NET. Para solucionar as limitações existentes, a 3Com refez o produto para melhorar seu desempenho, um fato que não passou despercebido à Microsoft.

De 1985 a 1988, a Microsoft trabalhou em sua segunda geração de software de rede. O software baseava-se no sistema operacional OS/2 versão 1.0. A Microsoft era a principal força na construção do OS/2, de 1985 até 1990. Steve Balmer, o número dois da Microsoft, prometeu publicamente, em 1988, que a empresa "iria longe com o OS/2".

Vendo o bom trabalho feito pela 3Com no MS-NET, a Microsoft trabalhou como colaboradora dessa empresa para construir a geração seguinte de software de rede local. Chamado de Microsoft LAN Manager, esse software servidor de rede foi construído em cima do sistema operacional OS/2, mais poderoso. Como ocorreu com o anterior MS-NET, a intenção da Microsoft nunca foi comercializar diretamente o LAN Manager. Em vez disso, eles imaginaram a IBM, a 3Com, a Compaq e outros vendendo-o.

A IBM comercializou o LAN Manager (e continua tal, na forma de OS/2 LAN Server). A 3Com vendeu o LAN Manager por vários anos como 3+Open, mas teve pouco lucro com ele e saiu do negócio de software. No final de 1990, a Compaq anunciou que não venderia o LAN Manager, pois ele era um produto complexo demais para seus funcionários explicarem, venderem e darem suporte. A Microsoft decidiu então que, se o LAN Manager precisava ser comercializado, ela teria de fazer a venda; portanto, anunciou no mesmo dia a retirada da Compaq e que começou a vender o LAN Manager diretamente.

Em sua versão 1.0, o LAN Manager não representava ainda metade do produto que o Novell Netware era, mas estava chegando lá. O LAN Manager 2 chegou bem mais perto e, na verdade, em alguns testes comparativos até ultrapassou o Novell Netware. Além disso, o LAN Manager incluiu recursos administrativos e de segurança que o trouxe para ainda mais perto do Novell Netware nas mentes de muitos gerentes de rede. Lentamente, o LAN Manager ganhou cerca de 20% da fatia do mercado de rede.

Entretanto, o Microsoft LAN Manager foi projetado para chips 286 (por cima do OS/2 1-x). A natureza 286 inerente ao LAN Manager atrapalhou seu desempenho e as

vendas. Em comparação, a Novell projetou seus principais produtos (Netware 3 e 4) para usar todos os recursos dos processadores 386 e posteriores. A dissolução do acordo da Microsoft com a IBM retardou o lançamento de um produto baseado no 386 e, de certa forma, a Microsoft nunca lançou esse produto.

Em vez de continuar a subir a ladeira dos recursos do processador Intel, a Microsoft decidiu construir um sistema operacional independente de processador, que se situaria praticamente na mesma posição de mercado do UNIX. Certamente, ele poderia ser implementado para os chips 386 e posteriores, mas também conseguiria rodar bem em outros processadores, como os chips PowerPc, Alpha e MIPS. A Microsoft chamou esse novo sistema operacional de NT, para New Technology. O propósito do NT é que ele não sirva apenas como um sistema operacional de estação de trabalho.

Em agosto de 1993, a Microsoft lançou o LAN Manager NT com o nome NT Advanced Server. Em uma cínica jogada de marketing, ela se referiu a ele como versão 3.1, para combinar com os números de versão dos produtos de área de trabalho Windows. A primeira versão do NT Advanced Server funcionou muito bem. Os planejadores de rede deram uma boa olhada no novo produto; entretanto, ele consumia muita memória, não tinha conectividade com a Novell e apresentava apenas a conectividade ao TCP / IP mais básica.

Praticamente, pouco mais de um ano mais tarde em Setembro de 1994 trouxe uma nova versão e um novo nome: Microsoft Windows NT Server versão 3.5. A versão 3.5 era, de maneira geral, um "aprimoramento" da 3.1; ela consumia menos memória, incluía conectividade à Novell e TCP/IP diretamente após a instalação e incluía versões para Windows for Workgroups das ferramentas administrativas, para que os administradores de rede pudessem trabalhar a partir de uma máquina de grupo de trabalho em vez de uma máquina NT. Onde muitos fornecedores gastariam 13 meses inserindo efeitos especiais desnecessários, o NT 3.5 mostrou que o pessoal da Microsoft tinha passado a maior parte de seu tempo otimizando o sistema operacional, diminuindo seus requisitos de memória e acelerando-o um pouco.

Após outros 13 meses, apareceu o NT versão 3.51, em outubro de 1995, que apresentou principalmente suporte para placas PCMCIA (uma vantagem real para quem é instrutor e viaja muito), compressão de arquivos e muitas correções de erro.

O NT versão 4, edição de 1996 do NT, tem uma cara nova e muitos recursos novos, mas nenhuma mudança radical de rede.

Apesar do lançamento do NT4, já em 1997, segundo levantamento realizado pela DEC em uma pesquisa de mercado de sistemas operacionais, notou-se que cerca de 50% dos entrevistados utilizava UNIX em suas diversas distribuições comerciais.

Apêndice C – GNU/ LINUX

O sistema operacional GNU/Linux surgiu do espírito desbravador presente em todo admirador da tecnologia. Ele foi criado inicialmente como um passatempo por um jovem estudante, Linus Torvalds, na Universidade de Helsinki, na Finlândia. A motivação de Linus foi o interesse no MINIX, um pequeno sistema operacional baseado no UNIX desenvolvido por Andrew S. Tanenbaum. Linus decidiu então, desenvolver algo melhor que o MINIX, no que foi bem sucedido.

O GNU/Linux apareceu no mundo da computação originalmente através da cultura UNIX. Cultura essa, bem anterior aos computadores de mesa, quando os computadores de grande porte e minicomputadores eram dominantes do mercado corporativo.

A dificuldade com o UNIX tem sido sua inacessibilidade para os programadores e projetistas que querem trabalhar com este sistema operacional fora dos grandes centros computacionais ou universitários. Apesar de já existirem versões do UNIX para PCs há muito tempo, elas nunca tiveram a mesma graça e poder que as versões para minicomputadores, computadores de grande porte e servidores atuais. Além disso, os primeiros UNIX comerciais eram demasiadamente caros, às vezes custando mais do que o *hardware* do PC no qual iriam funcionar.

Essa falta de acessibilidade fez com que o Linux surgisse como um meio de tornar o sistema UNIX amplamente disponível. Surgiu com a idéia de Linus Torvalds em desenvolver um sistema operacional que ultrapassasse as funcionalidades e limitações do MINIX. Para isso desenvolveu um novo núcleo do sistema operacional (*kernel*), que posteriormente foi incorporado a outros utilitários oriundos do projeto GNU (36, 44, 74-75).

As primeiras versões não se destinavam de modo algum ao usuário final, mas também não forneciam o mínimo de funcionalidades para permitir aos programadores de UNIX a alegria da programação do núcleo do SO. Sem um núcleo estável e poderoso, não se tem um sistema operacional. Linus limitou-se a criar, em suas próprias palavras, "um MINIX melhor que o MINIX". O desenvolvimento inicial do Linux

lidava principalmente com os recursos de troca de tarefas da interface no modo protegido 80386, tudo escrito em linguagem simbólica (*assembly*). Linus escreveu:

“Enfim, sem problemas: ainda há muito código, mas eu tinha alguns dispositivos e a depuração ficou mais fácil. Eu comecei a usar o C neste ponto e ele certamente agilizou o desenvolvimento. É também quando comecei a me preocupar com minhas idéias megalomaniacas sobre construir ‘um MINIX melhor que o MINIX’. Esperava ser capaz de compilar novamente o gcc no Linux algum dia...”

Dois meses para a configuração básica e então, apenas um pouco mais de tempo até eu ter um driver de disco (com sérios erros, mas que funcionou em minha máquina) e um pequeno sistema de arquivos. Foi quando eu tive uma versão 0.01 disponível (por volta de 1991): não era bonita, não tinha um driver de disquete e não podia fazer muita coisa. Eu não acho que alguém tenha compilado esta versão. Eu estava com uma idéia fixa e não queria parar até que pudesse me descartar do MINIX.”

Nem mesmo uma publicação foi feita para a versão 0.01 do Linux. As fontes 0.01 não foram nem mesmo executadas: elas continham apenas noções básicas da fonte do núcleo (*kernel*) e partiam do princípio que você tinha acesso a uma máquina MINIX para compilá-las e executá-las.

E depois de algum tempo de trabalho em seu projeto, sozinho, ele enviou a seguinte mensagem para a lista de discussão comp.os.minix:

“Você está ansioso pelos ótimos dias do MINIX 1.1, quando os homens eram homens e escreviam seus próprios *drivers* de dispositivo? Você está sem um bom projeto e está apenas ansioso por começar a trabalhar em um OS que possa tentar modificar segundo suas necessidades? Você fica frustrado quando tudo funciona no MINIX? Sem mais noites em claro para colocar funcionando um programa inteligente? Então este anúncio pode ser para você. Estou trabalhando em uma versão gratuita de um MINIX para computadores AT 386.”

Em 5 de outubro de 1991, a seguinte mensagem circulou na usenet:

"...Como eu mencionei há um mês atrás, estou trabalhando em uma versão livre de um sistema semelhante ao MINIX para computadores AT-386. Ele já alcançou o estágio de ser usável (embora possa não ser, dependendo do que você quer fazer), e desejo colocar todas as fontes em uma distribuição maior. É apenas a versão 0.02... mas executei com sucesso o bash, gcc, GNU make, GNU sed, compress, etc. nela."

Com esta mensagem, ninguém adivinharia que ela estaria marcando o início de um movimento que menos de 10 anos depois já tem 10 milhões de seguidores.

Depois da versão 0.03, Linus levou o número da versão até 0.10, quando mais pessoas começaram a trabalhar no sistema. Após várias revisões, Linux aumentou o número da versão para 0.95 refletindo sua expectativa de que o sistema estava pronto para uma versão "oficial" muito em breve. (Geralmente, o *software* não é atribuído ao número da versão 1.0 até que esteja teoricamente completo ou sem erros.) Era março de 1992. Quase um ano e meio depois, em dezembro de 1993, o *kernel* Linux ainda estava na versão 0.99pl14, aproximando-se da aos poucos da versão 1.0. Na época da realização deste trabalho a versão mais atual e estável do *kernel* era 2.4.20.

O Linux não poderia existir sem as ferramentas GNU criadas pela *Free Software Foundation*. Seu compilador gcc e muitas outras ferramentas agregadas às distribuições foram misturadas com o desenvolvimento do Linux desde o início.

O BSD/UNIX também desempenhou um papel importante no Linux; não muito em sua criação, mas fornecendo ferramentas que o tornaram popular. A maioria dos utilitários que acompanham as distribuições do Linux vieram do BSD. Os serviços (*daemons*) da rede e os utilitários são particularmente importantes. O código do *kernel* da rede para o Linux foi desenvolvido completamente (duas ou três vezes, na verdade), mas os *daemons* e os utilitários são o BSD da moda.

Atualmente, o Linux é um clone do UNIX completo, capaz de executar o ambiente gráfico (X Window System), protocolos de rede (TCP/IP), editores de texto (Emacs, por exemplo), programas para correio eletrônico entre outros. A maior parte dos pacotes gratuitos (*software*) foram transportados para o Linux e o *software*

comercial está se tornando disponível. Com o desenvolvimento de novos *drivers*, o GNU/Linux funciona em um maior número de computadores atualmente se comparado com as primeiras versões do núcleo (*kernel*) do sistema. Muitos usuários têm executado testes nos sistemas Linux 486 e o têm comparado com as estações de trabalho médias da *Sun Microsystems* e da *Digital Equipment Corporation*. Quem poderia imaginar que este “pequeno” clone do UNIX cresceria a ponto de ser utilizado em todo o mundo da computação pessoal?

O Linux é um sistema operacional livre, gratuito e compatível com o UNIX, mantido com a ajuda de programadores do mundo inteiro reunidos pela Internet. Suas características básicas são a compatibilidade com o padrão POSIX, multitarefa real e preemptiva, memória virtual, bibliotecas compartilhadas, gerenciamento de memória eficiente, rede TCP/IP nativa e outras características genéricas dos sistemas UNIX.

Até pouco tempo atrás encarado erroneamente como um "sistema operacional para hackers", hoje o Linux vem ganhando mais aceitação como sistema de mesa (usado tanto em empresas como em residências), oferecendo alternativas gráficas atraentes e intuitivas.

Já no lado servidor, seu lugar já está assegurado há um bom tempo. Por oferecer uma alternativa de baixo custo e alta performance, o Linux já está sendo amplamente utilizado como servidor de WWW, mail, arquivos, impressão e muito mais, tanto na Internet como nas intranets e redes corporativas.

Este sistema operacional é liberado através da licença GPL (GNU), que basicamente o define como um *software* livre. Isso significa que se tem acesso ao código-fonte do sistema, alterá-lo (ou não) e distribuí-lo livremente, e também instalar em quantas máquinas você quiser sem custo adicional. Outra implicação da licença GPL é que se alguém desejar vender cópias do sistema operacional, poderá fazê-lo sem ter que repassar o dinheiro a ninguém, desde que respeite as restrições da própria GPL.

Desta forma, a maior parte das distribuições comerciais pode ser copiada gratuitamente da Internet, e quando você escolhe por pagar por uma distribuição em CD, na verdade está pagando algo a mais apenas pela comodidade e também por

alguns confortos adicionais, como o direito a suporte de instalação, presença de manual impresso, garantia (quando há) e segurança.

Distribuições Linux

Como o Linux é essencialmente um *software* livre e gratuito, pode-se fazer *download* dele pela Internet sem infringir os direitos autorais de ninguém. Em geral, os produtores de distribuições colocam em CD-ROM o conteúdo disponível para *download* cobrando a mídia utilizada, suporte, manual impresso e outras comodidades oferecidas a quem paga um pouco mais pelo sistema.

Justamente por ser um *software* livre para alteração e distribuição, muitas pessoas e organizações se dedicam a criar pacotes contendo o *kernel* do Linux e uma série de aplicativos, utilitários, manuais e programas de instalação. Estes pacotes são as chamadas "distribuições". Existem distribuições minúsculas, que rodam a partir de disquetes como o PicoBSD, assim como existem distribuições que ocupam 6 CDs como a SuSE, por exemplo. Cada uma tem seus pontos fortes e fracos.

Uma dúvida comum é: "Qual a melhor distribuição Linux?". Esta pergunta não tem uma resposta única pois a melhor distribuição é a que atende melhor às necessidades dos usuários.

Entre as principais podemos citar:

- Nos USA: 1.Slackware; 2.Debian; 3.Red Hat; 4.Caldera
- Na Europa : 1.S.u.S.E. (utilizado por Linus Torvalds)
- Na Ásia : 1. Turbo Linux (Pacific Hitech)
- Na América Latina: 1.Conectiva Linux; 2.Mandrake; Tropix e MonkeyLinux

A Conectiva Informática iniciou um trabalho de distribuição do Linux em 1997 no Brasil e no mercado mundial, sendo a primeira distribuição fora do Eixo EUA-Europa-Japão. Ainda mantendo o seu espírito inovador, a Conectiva foi a primeira distribuição de Linux a lançar uma versão especializada no mercado de servidores Intel e a primeira distribuição fora dos EUA a lançar uma versão para computadores AlphaServers.

ANEXO A – Licença Pública GNU/GPL

Apenas a versão original da licença pública GNU/GPL, em inglês, legaliza a distribuição de *software* livre (<http://www.gnu.org/licenses/gpl.txt>). A introdução a seguir foi traduzida e adaptada para facilitar a compreensão dos termos da licença.

Introdução

As licenças de muitos programas para computador (*softwares*) são desenvolvidas para restringir a utilização dos mesmos. A GNU/GPL, ao contrário, pretende garantir a liberdade de compartilhar e alterar *softwares* de livre distribuição para quaisquer usuários. Aplica-se à maioria dos *softwares* da FSF e a qualquer autor que esteja de acordo em utilizá-la.

A expressão “livre distribuição” diz respeito à liberdade em compartilhar e modificar esse *software* quando necessário e não ao preço (*software* gratuito). A GPL garante a liberdade de distribuição de cópias de *software* livre (e o repasse dos custos como mídia e materiais impressos caso seja do interesse do distribuidor).

Para assegurar os direitos dos desenvolvedores, algumas restrições são feitas, proibindo a todas as pessoas a negação desses direitos ou a solicitação de sua abdicação. Essas restrições aplicam-se ainda a certas responsabilidades sobre a distribuição ou modificação do *software*.

Por exemplo, ao se distribuir cópias de determinado *software*, por uma taxa determinada ou gratuitamente, deve-se informar todos os direitos incidentes sobre esse material, assegurando-se que o código-fonte e a licença GNU/GPL estejam disponíveis.

A proteção dos direitos envolve dois passos:

- a) Direitos autorais (*copyright*) do programa (*software*) e
- b) Licença que dá permissão legal para cópia, distribuição e/ou modificação dos programas.

Ainda para proteção da FSF e do autor é importante que todos entendam que há garantias para *softwares* de livre distribuição. Caso o *software* seja modificado por alguém e passado adiante este *software* não mais refletirá o trabalho original do autor não podendo, portanto, ser garantido por aquele.

Finalmente, qualquer *software* de livre distribuição é constantemente ameaçado por patentes. Buscamos evitar o perigo de que distribuidores destes programas obtenham patentes individuais, tornando-se seus donos efetivos. Para evitar isso foram feitas declarações expressas de que qualquer solicitação de patente deve ser feita permitindo o uso por qualquer indivíduo, sem a necessidade de licença de uso.